

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑩ Off nl gungsschrift
DE 101 58 053 A 1

②1 Aktenzeichen: 101 58 053.3
②2 Anmeldetag: 27. 11. 2001
④3 Offenlegungstag: 5. 6. 2003

⑤1 Int. Cl. 7:
G 01 R 33/09
G 01 R 17/10
G 01 D 5/20
G 01 P 3/488

DE 101 58 053 A 1

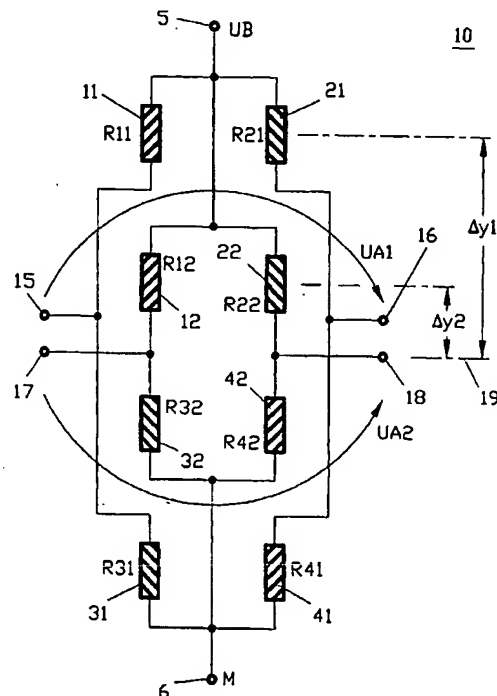
⑦1 Anmelder:
Philips Intellectual Property & Standards GmbH,
20099 Hamburg, DE

⑦2 Erfinder:
Butzmann, Stefan, Dr.-Ing., 22525 Hamburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Sensoranordnung

⑤7 Beschrieben wird eine Sensoranordnung mit wenigstens zwei Teilbrücken, die zu wenigstens einer Wheatstone-Brücke miteinander gekoppelt sind und in jeder der Teilbrücken wenigstens zwei magnetoresistive Sensorelemente aufweist. Diese Sensorelemente sind entlang einer Meßrichtung gegenüber der magnetischen Feldstärke eines angelegten Magnetfeldes empfindlich und zum Abgeben eines Meßsignals in Abhängigkeit von einer in der Meßrichtung gemessenen, als Meßfeld bezeichneten Feldkomponente des Magnetfeldes ausgebildet. Dabei weisen in jeder der Teilbrücken wenigstens zwei der Sensorelemente Barberpol-Strukturen mit zueinander unterschiedlicher Ausrichtung auf. Die Ortskoordinaten der Sensorelemente wenigstens einer der Teilbrücken und die Ortskoordinaten der Sensorelemente wenigstens einer anderen der Teilbrücken entlang einer in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse sind in vorbestimmtem Maß voneinander unterschiedlich gewählt. Diese Sensoranordnung weist eine hohe Störsicherheit gegen magnetische Störfelder auf und stellt dadurch mit einfachen Mitteln eine zuverlässige Betriebsweise auch unter erschwerten Bedingungen sicher.



DE 101 58 053 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung.

[0002] Es sind Anordnungen zur Messung der Drehgeschwindigkeit eines rotierenden Bewegungsgeberelements mit einer Sensoranordnung beschrieben worden, welche den magnetoresistiven Effekt ausnutzt. Darin umfaßt diese magnetoresistive Sensoranordnung vier Permalloy-Streifen, die in Mäanderform auf einem Siliziumsubstrat angeordnet und in Wheatstonescher Brückenordnung verschaltet sind. Die magnetoresistive Sensoranordnung ist entlang einer Meßrichtung gegenüber der Polarität und der Feldstärke eines äußeren Magnetfeldes empfindlich und zum Abgeben eines Meßsignals in Abhängigkeit von einer in der Meßrichtung gemessenen, als Meßfeld bezeichneten Feldkomponente des Magnetfeldes ausgebildet.

[0003] Da durch den magnetoresistiven Effekt unmittelbar eine Drehbewegung des Bewegungsgeberelements nicht direkt gemessen werden kann, ist an der magnetoresistiven Sensoranordnung zusätzlich ein als Arbeitsmagnet bezeichneter Permanentmagnet montiert. Dieser Arbeitsmagnet ist auf die Rückseite der magnetoresistiven Sensoranordnung bzw. ihres Gehäuses geklebt, so daß die magnetoresistive Sensoranordnung vom Magnetfeld des Arbeitsmagneten durchsetzt wird, allerdings in dieser Zusammenstellung für sich genommen ohne das Bewegungsgeberelement noch keine Feldkomponente des Magnetfeldes in der Meßrichtung auftritt. Das von der magnetoresistiven Sensoranordnung abgegebene Meßsignal ist in dieser Konfiguration gleich Null.

[0004] Wird ein mit zahnradartig ausgeformtem, ferromagnetischem Material ausgebildetes Bewegungsgeberelement in der Nähe der Sensoranordnung angeordnet, führt dies zu einer Veränderung des Feldverlaufs des Magnetfeldes des Arbeitsmagneten. Dazu ist die magnetoresistive Sensoranordnung gegenüber den Zähnen des mit zahnradartig ausgeformtem, ferromagnetischem Material ausgebildeten Bewegungsgeberelements mit seiner Meßrichtung in der Bewegungsrichtung des Bewegungsgeberelements ausgerichtet. Die Zähne des Bewegungsgeberelements bewegen sich somit in dieser Meßrichtung an der Sensoranordnung vorbei. Dies führt entlang der mit der Meßrichtung zusammenfallenden Bewegungskordinate des Bewegungsgeberelements zu einer mit dem Abstand der Zähne der zahnradartigen Ausformungen des Bewegungsgeberelements periodisch auftretenden Verformung der Feldlinien des Magnetfeldes des Arbeitsmagneten in der Meßrichtung der Sensoranordnung. An einer "symmetrischen" Position, in der sich die Sensoranordnung mittig vor einem Zahn oder einer Lücke zwischen zwei Zähnen befindet, wird dabei das Magnetfeld nicht in der Bewegungsrichtung des Bewegungsgeberelements verformt; somit ist in dieser Position das Ausgangssignal der Sensoranordnung gleich Null. An einer "nicht symmetrischen" Position, in der die Sensoranordnung sich weder mittig vor einem Zahn noch vor einer Lücke befindet, ergibt sich eine Feldverformung des Magnetfeldes in der Bewegungsrichtung des Bewegungsgeberelements, die von der Bewegungskordinate des Bewegungsgeberelements abhängt. Damit wird durch die Sensoranordnung ein von dieser Bewegungskordinate des Bewegungsgeberelements abhängiges Ausgangssignal erzeugt, welches vorzugsweise wenigstens nahezu sinusförmig über der Bewegungskordinate sein kann.

[0005] Wahlweise ist auch ein magnetisiertes Bewegungsgeberelement beschrieben worden, entlang dessen Bewegungsrichtung magnetische Nord- und Südpole abwechselnder Polarität angeordnet sind. In dieser Ausbildung stellt das Bewegungsgeberelement selbst das Magnetfeld und damit auch das Meßfeld bereit.

[0006] Derartige magnetoresistive Sensoranordnungen werden mit rotierenden Bewegungsgeberelementen in vielfältigen Systemen zur Erfassung der Drehzahl von mit den Bewegungsgeberelementen gekoppelten Rädern, Wellen oder dergleichen eingesetzt. Zu den häufigsten Anwendungen gehört der Einsatz in Antiblockiersystemen oder als Kurbelwelle-Drehzahlsensor für Kraftfahrzeuge. Üblicherweise wird hierbei die Sensoranordnung vor einem Zahnrad aus magnetisierbarem Werkstoff mit vier zu einer Wheatstonebrücke der eingangs genannten Art verbundenen Widerständen betrieben, wobei die Meßrichtung, d. h. die magnetisch empfindliche Richtung der Sensoranordnung in beschriebener Weise parallel zur Drehrichtungsordinate des Zahnrades liegt.

[0007] Wie beschrieben kann hierbei das Ausgangssignal der Wheatstonebrücke in erster Näherung durch ein über der Bewegungskordinate des Bewegungsgeberelements sinusförmiges Signal dargestellt werden, wobei die Nulldurchgänge im Ausgangssignal jeweils vor der Mitte eines Zahns bzw. vor der Mitte einer Lücke zwischen je zwei Zähnen des Bewegungsgeberelements erfolgen. Bei bewegtem Bewegungsgeberelement kann aus dem Ausgangssignal die Stellung des Bewegungsgeberelements gegenüber dem Sensorelement eindeutig bestimmt werden.

[0008] Ein Beispiel für eine derartige Anordnung zur Messung der Drehgeschwindigkeit eines rotierenden Bewegungsgeberelements mit einer Sensoranordnung der beschriebenen Art ist in Fig. 1 schematisch dargestellt. Darin enthält die magnetoresistive Sensoranordnung vier Sensorelemente 1, 2, 3, 4, die in der beschriebenen Art je einen der genannten, in Mäanderform auf Siliziumsubstrat angeordneten Permalloy-Streifen umfassen und als Wheatstone-Brücke verschaltet sind. Diese Wheatstone-Brücke ist zwischen einem ersten Speisespannungsanschluß 5, an den im Betrieb ein erstes Speisespannungspotential UB angelegt wird, und einem zweiten Speisespannungsanschluß 6, an den im Betrieb ein zweites Speisespannungspotential M, vorzugsweise Massepotential, angelegt wird, angeordnet. Im gezeigten Beispiel ist die Sensoranordnung in einer durch die x-Koordinatenachse und die y-Koordinatenachse eines kartesischen Koordinatensystems aufgespannten Ebene flächig angeordnet, zu welcher Ebene eine z-Koordinatenachse senkrecht steht. Diese magnetoresistive Sensoranordnung ist insgesamt mit dem Bezugszeichen 7 bezeichnet.

[0009] An der Sensoranordnung 7 ist weiterhin ein als Arbeitsmagnet 8 bezeichneter, quaderförmiger Permanentmagnet montiert. Dieser Arbeitsmagnet 8 ist in einer praktischen Ausführung bevorzugt auf die Rückseite der Sensoranordnung 7 bzw. ihres Gehäuses geklebt, so daß die Sensoranordnung 7 vom Magnetfeld H des Arbeitsmagneten 8 durchsetzt wird. Die Hauptrichtung der Feldlinien dieses Magnetfeldes H verläuft entlang der z-Koordinatenachse.

[0010] Die magnetoresistive Sensoranordnung 7 weist eine Meßrichtung entlang der y-Koordinatenachse auf. Sie ist entlang dieser Meßrichtung gegenüber der Polarität und der Feldstärke eines äußeren Magnetfeldes empfindlich und zum Abgeben eines Meßsignals in Abhängigkeit von einer in der Meßrichtung gemessenen, als Meßfeld bezeichneten Feldkomponente dieses Magnetfeldes ausgebildet. Für den Betrieb soll das äußere Magnetfeld vorzugsweise ausschließlich durch das Magnetfeld H des Arbeitsmagneten 8 gebildet werden.

[0011] Zur Messung der Drehgeschwindigkeit eines rotierenden Bewegungsgeberelements mit der vorbeschriebenen

Sensoranordnung 7 ist ein solches rotierendes Bewegungsgeberelement 9 in Richtung der z-Koordinatenachse vor der Sensoranordnung 7 positioniert. Das Bewegungsgeberelement 9 ist mit zahnradartig ausgeformtem, ferromagnetischem Material ausgebildet und rotiert im Betrieb in Richtung einer Bewegungskordinate Φ . Dies führt entlang der Bewegungskordinate Φ des Bewegungsgeberelements 9 zu einer mit dem Abstand der Zähne der zahnradartigen Ausformungen des Bewegungsgeberelements 9 periodisch auftretenden Verformung der Feldlinien des Magnetfelds H des Arbeitsmagneten 8 in der in Richtung der y-Koordinatenachse liegenden Meßrichtung der Sensoranordnung 7. Die Feldkomponente des Magnetfelds H in der in Richtung der y-Koordinatenachse liegenden Meßrichtung wird dabei als Meßfeld bezeichnet. Durch das Meßfeld wird in der Sensoranordnung 7 ein von dieser Bewegungskordinate Φ des Bewegungsgeberelements 9 abhängiges, über der Bewegungskordinate Φ vorzugsweise wenigstens nahezu sinusförmiges Ausgangssignal UA erzeugt.

[0012] Fig. 2 zeigt zur näheren Erläuterung ein Schaltbild der Sensoranordnung 7 aus Fig. 1, wobei übereinstimmende Elemente wieder mit denselben Bezugszeichen versehen sind. Darin ist durch unterschiedliche Schraffuren der einzelnen Sensorelemente 1, 2, 3, 4 angedeutet, daß diese mit Barberpol-Strukturen ausgestattet sind, wobei die Ausrichtungen der Barberpol-Strukturen bezüglich der Flußrichtungen von durch das Speisespannungspotential UB hervorgerufenen, die Sensorelemente 1, 2, 3 bzw. 4 durchfließenden elektrischen Strömen durch die Richtungen der Schraffuren angedeutet sind. Die Wahl der Barberpol-Strukturen der Sensorelemente 1, 2, 3, 4 wird so vorgenommen, daß sich die Widerstandswerte R1 und R4 des ersten bzw. vierten Sensorelements 1 bzw. 4 mit positivem Wert der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes erhöhen und daß sich die Widerstandswerte R2 und R3 des zweiten bzw. dritten Sensorelements 2 bzw. 3 mit positivem Wert der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes verringern. Dazu wird der Winkel α_i der Stromflußrichtung durch das Sensorelement i bei verschwindendem Meßfeld H_i am Ort des Sensorelements i, mit $i = 1, 2, 3, 4$, wie folgt gewählt:

$$\alpha_1 = +45^\circ, \alpha_2 = -45^\circ, \alpha_3 = -45^\circ, \alpha_4 = +45^\circ.$$

[0013] Fig. 3 zeigt eine mögliche räumliche Gestaltung für die in Fig. 2 wiedergegebene Sensoranordnung 7 in einer Draufsicht auf die durch die x-Koordinatenachse und die y-Koordinatenachse aufgespannten Ebene. Darin sind schematisch die Barberpol-Strukturen eingezeichnet, und der Deutlichkeit halber sind deren Ausrichtungen in den einzelnen Sensorelementen 1, 2, 3, 4 durch neben die einzelnen Sensorelemente 1, 2, 3 bzw. 4 gezeichnete Symbole 51, 52, 53 bzw. 54 dargestellt.

[0014] Für das Meßfeld am Ort der einzelnen Sensorelemente $i = 1, 2, 3, 4$ gilt in erster Näherung:

$$H_i = H_{\text{Off } i} + H_{\text{pk}} \sin\left(n\phi - \frac{n y_i}{r}\right) + H_{\text{ex}} \quad 30$$

[0015] Dabei ist:

H_i Magnetische Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement i mit dem Widerstand Ri

$H_{\text{Off } i}$ Offsetanteil der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement i, hervorgerufen z. B. durch Inhomogenitäten des Meßfeldes entlang der Meßrichtung und z. B. abhängig vom Abstand zwischen dem Bewegungsgeberelement 9 und der Sensoranordnung 7 in Richtung der z-Koordinatenachse

H_{pk} Amplitude der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement i

n Anzahl der Zähne auf dem als Geberrad ausgebildeten Bewegungsgeberelement 9

Φ Bewegungskordinate des Bewegungsgeberelements 9 (z. B. Kurbelwellendrehwinkel)

r Radius des als Geberrad ausgebildeten Bewegungsgeberelements 9

y_i Ortskoordinate des Sensorelements i entlang der y-Koordinatenachse (vorzugsweise des Mittelpunkts der räumlichen Ausdehnung des Sensorelements i entlang der in Meßrichtung verlaufenden y-Koordinatenachse)

H_{ex} Magnetische Feldstärke eines der Sensoranordnung 7 großflächig überlagerten äußeren Magnetfeldes, insbesondere eines Störfeldes, am Sensorelement i

i Laufindex mit $i = 1, 2, 3, 4$.

[0016] Für die Widerstandswerte Ri der einzelnen Sensorelemente i gilt die Beziehung:

$$R_i = R_0 + S H_i \text{ bzw. } R_i = R_0 - S H_i,$$

wobei

R_0 der Widerstandswert der einzelnen Sensorelemente i im Arbeitspunkt, d. h. bei verschwindendem Meßfeld H_i , S die Widerstandsänderung der Widerstandswerte Ri in Abhängigkeit vom Meßfeld, d. h. die Steilheit der R-H-Kennlinie der Sensorelemente i oder die Sensitivität der Sensorelemente i und

i der Laufindex mit $i = 1, 2, 3, 4$

ist und das Vorzeichen vor dem zweiten Summanden in diesen Gleichungen von der Wahl der Winkel α_i der Stromflußrichtung durch das Sensorelement i bei verschwindendem Meßfeld H_i am Ort des Sensorelements i, mit $i = 1, 2, 3, 4$, d. h. von der Wahl der Ausrichtung der Barberpol-Strukturen bezüglich der die Sensorelemente 1, 2, 3 bzw. 4 durchfließenden elektrischen Ströme, abhängt.

[0017] Für die Widerstandswerte R1, R2, R3, R4 der einzelnen Sensorelemente 1, 2, 3, 4 der Sensoranordnung 7 gemäß Fig. 2 ergibt sich:

$$R1 = R_0 + S (H_{\text{Off}1} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n y_1}{r}) + H_{ex})$$

$$R2 = R_0 - S (H_{\text{Off}2} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n y_2}{r}) + H_{ex})$$

$$R3 = R_0 - S (H_{\text{Off}3} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n y_3}{r}) + H_{ex})$$

$$R4 = R_0 + S (H_{\text{Off}4} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n y_4}{r}) + H_{ex})$$

[0018] Gemäß der Darstellung in Fig. 2 gilt für die Ortskoordinaten y_1, y_2, y_3 und y_4 der Sensorelemente 1, 2, 3, 4 bei einem angenommenen symmetrischen Aufbau der Sensoranordnung 7 bezüglich der x-Koordinatenachse die Beziehung $y_1 = y_2 = -y_3 = -y_4 = \Delta y$

15 und unter derselben Annahme für die Offsetanteile $H_{\text{Off}i}$ der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes

$$H_{\text{Off}1} = H_{\text{Off}2} = -H_{\text{Off}3} = -H_{\text{Off}4} = H_{\text{Off}}$$

[0019] Damit ergibt sich das Ausgangssignal UA der Sensoranordnung 7 in erster Näherung zu:

$$20 \quad \frac{UA}{UB} = \frac{R3}{R1 + R3} - \frac{R4}{R2 + R4}$$

$$= - \frac{S H_{pk}}{R_0} \sin(n \phi) \cos(\frac{n \Delta y}{r}) - \frac{S H_{ex}}{R_0}$$

25 [0020] Diese Gleichung zeigt, daß einerseits zwar der Offsetanteil der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes an den Sensorelementen 1, 2, 3, 4 keinen Einfluß auf das Ausgangssignal UA ausübt, daß aber ein äußeres Feld H_{ex} in voller Größe das Ausgangssignal UA beeinflusst.

[0021] Wird eine derartige Sensoranordnung in einer Umgebung eingesetzt, in der ein solches äußeres Magnetfeld auftritt, entstehen Störungen in der durch die Sensoranordnung vorgenommenen Messung, da dem Ausgangssignal UA der genannte Feldanteil H_{ex} als Störfeld überlagert ist. Ein solcher Fall tritt z. B. beim Einsatz als Kurbelwellendrehzahl-sensor für Kraftfahrzeuge auf, wo insbesondere die Starterströme beträchtliche äußere Magnetfelder hervorrufen können.

35 [0022] In einer derartigen Einsatzumgebung führt die Verwendung einer Sensoranordnung der beschriebenen Art zu nicht hinnehmbaren Beeinträchtigungen der Betriebsfähigkeit.

[0023] Die Erfindung hat die Aufgabe, eine Sensoranordnung zu schaffen, die mit einfachen Mitteln eine zuverlässige Betriebsweise auch unter den genannten erschwerten Bedingungen sicherstellt und somit eine hohe Störsicherheit aufweist.

40 [0024] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Sensoranordnung mit wenigstens zwei Teilbrücken, die zu wenigstens einer Wheatstone-Brücke miteinander gekoppelt sind und in jeder der Teilbrücken wenigstens zwei magnetoresistive Sensorelemente aufweist, welche Sensorelemente entlang einer Meßrichtung gegenüber der magnetischen Feldstärke eines angelegten Magnetfeldes empfindlich und zum Abgeben eines Meßsignals in Abhängigkeit von einer in der Meßrichtung gemessenen, als Meßfeld bezeichneten Feldkomponente des Magnetfeldes ausgebildet sind, wobei in jeder der Teilbrücken wenigstens zwei der Sensorelemente Barberpol-Strukturen mit zueinander unterschiedlicher Ausrichtung aufweisen und wobei die Ortskoordinaten der Sensorelemente wenigstens einer der Teilbrücken und die Ortskoordinaten der Sensorelemente wenigstens einer anderen der Teilbrücken entlang einer in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse in vorbestimmtem Maß voneinander unterschiedlich gewählt sind. Dabei beschreibt die Ortskoordinate eines Sensorelements die Lage eines räumlichen Bezugspunktes an diesem Sensorelement entlang der genannten Koordinatenachse, vorzugsweise die Lage eines Mittelpunktes der räumlichen Ausdehnung des betreffenden Sensorelementes in Richtung dieser Koordinatenachse.

50 [0025] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß sich die Amplitude der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes an den einzelnen Sensorelementen mit der Ortskoordinate des Sensorelements ändert, ein äußeres magnetisches Feld, insbesondere ein Störfeld, jedoch im Bereich der räumlichen Ausdehnung der Sensoranordnung wenigstens nahezu homogen verläuft. Damit kann durch eine vorzeichenrichtige Verknüpfung von Ausgangssignalen wenigstens zweier Teilbrücken, in denen die Sensorelemente unterschiedliche Ortskoordinaten aufweisen, der Einfluß des äußeren magnetischen Feldes auf das Ausgangssignal der Sensoranordnung wenigstens nahezu aufgehoben werden. Die Ortskoordinaten können dabei von Teilbrücke zu Teilbrücke, aber auch von Sensorelement zu Sensorelement innerhalb wenigstens einer der Teilbrücken unterschiedlich bestimmt werden. Es ergibt sich dabei eine Art "geometrischer Subtraktion" der unerwünschten äußeren Felder.

60 [0026] An dieser Stelle sei erwähnt, daß aus der EP-A 0 607 595 ein Sensorchip bekannt ist, der insbesondere zur Strom- und Spannungsmessung mit einer Brückenschaltung in Form einer Wheatstone-Brücke zur Messung von Gradienten der magnetischen Feldstärke dienen soll und aus vier magnetoresistiven Widerständen besteht, die parallel und in zwei Bereichen mit Abstand zu einer Mittelachse angeordnet sind. Von diesen Widerständen bilden je zwei in Reihe geschaltete Widerstände jeweils einen Brückenast der Wheatstone-Brücke, wobei die zwei genannten Bereiche jeweils einen magnetoresistiven Widerstand eines Brückenastes und einen magnetoresistiven Widerstand des jeweils anderen Brückenastes umfassen. Die Widerstände der beiden Bereiche sind dabei symmetrisch zur Mittelachse angeordnet. Sie bestehen aus jeweils zwei unter sich und zu den übrigen parallelen Schichtstreifen, die mit Barberpol-Strukturen versehen sind. Diese Barberpol-Strukturen sind bei allen Widerständen gleich, wodurch dafür gesorgt sein soll, daß nur ein

anliegender Feldgradient die Brücke aussteuert. Weil bei diesem Sensorchip der Abstand der beiden Bereiche, d. h. die Basislänge des Gradiometers, klein gehalten wird, ist gemäß den Ausführungen der EP-A 0 607 595 auch die Beeinflussung durch Störmagnetfelder unerheblich, deren Quellen einen von der Meßanordnung dagegen großen Abstand haben. [0027] Ein Beispiel für eine derartige, als Gradientensensor 60 bezeichnete Sensoranordnung zur Messung von Gradienten der magnetischen Feldstärke zeigt Fig. 4 als schematisches Schaltbild, wobei mit bereits beschriebenen Elementen übereinstimmende Elemente wieder mit denselben Bezugszeichen versehen sind. Die Sensoranordnung nach Fig. 4, die in der Anordnung nach Fig. 1 an der Stelle der Sensoranordnung nach Fig. 2 eingesetzt werden kann, umfaßt in einer Wheatstoneschen Brückenschaltung ein erstes, zweites, drittes und viertes Sensorelement 61, 62, 63 und 64. Die Brückenschaltung ist wieder über die Speisespannungsanschlüsse 5, 6 an eine Speisespannung angeschlossen, die sich wie in den Fig. 1 und 2 aus der Differenz der Speisespannungspotentiale UB, M ergibt. Ein Ausgangssignal UA6 wird über den Teilbrücken 61, 63 bzw. 62, 64 abgegriffen.

[0028] Auch in Fig. 4 ist durch unterschiedliche Schraffuren der einzelnen Sensorelemente 61, 62, 63, 64 angedeutet, daß diese mit Barberpol-Strukturen ausgestattet sind, wobei die Ausrichtungen der Barberpol-Strukturen bezüglich der Flußrichtungen von durch das Speisespannungspotential UB hervorgerufenen, die Sensorelemente 61, 62, 63 bzw. 64 durchfließenden elektrischen Strömen durch die Richtungen der Schraffuren angedeutet sind. Die Wahl der Barberpol-Strukturen der Sensorelemente 61, 62, 63, 64 wird hier aber so vorgenommen, daß sich die Widerstandswerte R61 und R63 des ersten bzw. dritten Sensorelements 61 bzw. 63 mit positivem Wert der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes erhöhen und daß sich die Widerstandswerte R62 und R64 des zweiten bzw. vierten Sensorelements 62 bzw. 64 mit positivem Wert der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes verringern. Dazu wird der Winkel α_i der Stromflußrichtung durch das Sensorelement i bei verschwindendem Meßfeld H_i am Ort des Sensorelements i, mit $i = 61, 62, 63, 64$, wie folgt gewählt:

$$\alpha_{61} = +45^\circ, \alpha_{62} = -45^\circ, \alpha_{63} = +45^\circ; \alpha_{64} = -45^\circ.$$

[0029] Fig. 5 zeigt eine mögliche räumliche Gestaltung für die in Fig. 4 wiedergegebene Sensoranordnung 60 in einer Draufsicht auf die durch die x-Koordinatenachse und die y-Koordinatenachse aufgespannten Ebene. Darin sind wieder schematisch die Barberpol-Strukturen eingezeichnet, und der Deutlichkeit halber sind deren Ausrichtungen in den einzelnen Sensorelementen 61, 62, 63, 64 durch neben die einzelnen Sensorelemente 61, 62, 63 bzw. 64 gezeichnete Symbole 55, 56, 57 bzw. 58 dargestellt.

[0030] Unter ansonsten den Fig. 2 und 3 entsprechenden Voraussetzungen ergibt sich als Ausgangssignal UA6 dieses Gradientensensors 60 in erster Näherung:

$$\frac{UA6}{UB} = \frac{R63}{R61 + R63} - \frac{R64}{R62 + R64}$$

$$= - \frac{S}{R_0} \frac{H_{off}}{R_0} + \frac{S}{R_0} \frac{H_{pk}}{R_0} \cos(n \phi) \sin\left(\frac{n \Delta y}{r}\right)$$

[0031] Es ist zu erkennen, daß durch den Einsatz dieses Gradientensensors 60 zwar der Einfluß äußerer Magnetfelder, somit auch äußerer Störfelder, wenigstens in erster Näherung beseitigt werden kann, daß dagegen jedoch der Einfluß der Offsetanteile der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes an den Sensorelementen verbleibt. Diese Offsetanteile der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes an den Sensorelementen erweisen sich zudem als abhängig vom Abstand der Sensoranordnung 60 vom Bewegungsgeberelement 9 entlang der z-Koordinatenachse. Die dadurch sich ergebenden Beeinträchtigungen des Ausgangssignals UA6 sind für einen reibungslosen Betrieb der Sensoranordnung 60 nicht tragbar. Darüber hinaus zeigt das Ausgangssignal UA6 des Gradientensensors ein Maximum, wenn sich ein Zahn des als Geberad (Zahnrad) ausgebildeten rotierenden Bewegungsgeberelements mittig vor der Sensoranordnung befindet, bzw. ein Minimum, wenn sich ein Rücksprung (d. h. eine Lücke) zwischen zwei Zähnen des als Geberad (Zahnrad) ausgebildeten rotierenden Bewegungsgeberelements mittig vor der Sensoranordnung befindet. Eine exakte Detektion dieser Stellungen des Bewegungsgeberelements entlang seiner Bewegungskordinate Φ ist damit nur sehr schwierig durchzuführen.

[0032] Die erfindungsgemäße Sensoranordnung ermöglicht demgegenüber auf einfache Weise einen gegen alle Störeinflüsse sicheren Betrieb und liefert ein genau auswertbares Ausgangssignal.

[0033] In einer ersten, vorteilhaften Ausgestaltung umfaßt die erfindungsgemäße Sensoranordnung vier Teilbrücken. Je zwei dieser Teilbrücken können dabei zu einer Wheatstoneschen Brückenordnung zusammengefaßt sein, die jede ein Teil-Ausgangssignal liefern, aus welchen Teil-Ausgangssignalen das Ausgangssignal der gesamten Sensoranordnung überlagert werden kann.

[0034] Bevorzugt weisen dabei die Sensorelemente einer ersten und einer zweiten der vier Teilbrücken entlang der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse vorbestimmte erste Ortskoordinaten auf, und die Sensorelemente einer dritten und einer vierten der vier Teilbrücken weisen entlang der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse vorbestimmte zweite Ortskoordinaten auf. Dadurch ist eine räumlich voneinander abgesonderte Lage je zweier der Teilbrücken möglich, und die von ihnen gelieferten Ausgangssignale unterscheiden sich diesen Ortskoordinaten gemäß voneinander. Damit läßt sich hier die beschriebene "geometrische Subtraktion" der unerwünschten äußeren Felder als Überlagerung der Teil-Ausgangssignale durchführen. Es sei aber darauf hingewiesen, daß dies nur eine der möglichen Ausführungsformen darstellt und daß auch im Fall von vier Teilbrücken diese derart zu Wheatstoneschen Brückenordnungen zusammengefaßt werden können, daß bereits in jeder dieser einzelnen Wheatstoneschen Brückenordnungen eine "geometrische Subtraktion" der unerwünschten äußeren Felder erfolgt.

[0035] Vorteilhaft sind ferner die ersten Ortskoordinaten der Sensorelemente der ersten und der zweiten Teilbrücke un-

tereinander wenigstens weitgehend symmetrisch zu einem Bezugspunkt auf der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse gewählt, sind die zweiten Ortskoordinaten der Sensorelemente der dritten und der vierten Teilbrücke untereinander wenigstens weitgehend symmetrisch zu dem Bezugspunkt auf der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse gewählt und sind die Werte der ersten Ortskoordinaten von den Werten der zweiten Ortskoordinaten unterschiedlich gewählt. Dadurch wird insbesondere eine räumlich verschachtelte Anordnung der Teilbrücken erhalten. Außerdem ergeben sich Vereinfachungen in der Abhängigkeit des Ausgangssignals der Sensoranordnung von den Werten der Ortskoordinaten.

[0036] Sind die Werte der ersten Ortskoordinaten der Sensorelemente der ersten und der zweiten Teilbrücke größer gewählt als die Werte der zweiten Ortskoordinaten der Sensorelemente der dritten und der vierten Teilbrücke, umfassen die Sensorelemente der ersten und der zweiten Teilbrücke räumlich die Sensorelemente der dritten und der vierten Teilbrücke. Dadurch, daß weiterhin die erste und die zweite Teilbrücke zu einer ersten der Wheatstone-Brücken und daß die dritte und die vierte Teilbrücke zu einer zweiten der Wheatstone-Brücken gekoppelt sind, umfaßt die erste dieser Wheatstone-Brücken räumlich die zweite dieser Wheatstone-Brücken. Eine weitere Symmetrisierung der Sensoranordnung und damit weitere Vereinfachungen in der Abhängigkeit des Ausgangssignals der Sensoranordnung von den Werten der Ortskoordinaten sind so zu erzielen.

[0037] In einer anderen, vorteilhaften Ausgestaltung umfaßt die erfindungsgemäße Sensoranordnung zwei Teilbrücken, die zu einer Wheatstone-Brücke gekoppelt sind. Damit ergibt sich eine wesentliche Vereinfachung und Verbilligung des Aufbaus der gesamten Sensoranordnung, die in dieser Ausgestaltung nur mit vier äußeren Anschlüssen ausgestattet sein muß. Ungeachtet dessen wird jedoch auch in dieser Ausgestaltung ein vom Einfluß äußerer Magnetfelder sowie vom Einfluß der Offsetanteile der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes wenigstens weitgehend unabhängiges Ausgangssignal erhalten.

[0038] Bevorzugt weisen bei der vorgenannten Ausgestaltung der Erfindung die Sensorelemente einer ersten der zwei Teilbrücken entlang der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse vorbestimmte erste Ortskoordinaten auf und weisen die Sensorelemente einer zweiten der zwei Teilbrücken entlang der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse vorbestimmte zweite Ortskoordinaten auf. Vorteilhaft sind weiterhin die ersten Ortskoordinaten der Sensorelemente der ersten Teilbrücke untereinander wenigstens weitgehend symmetrisch zu einem Bezugspunkt auf der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse gewählt, sind die zweiten Ortskoordinaten der Sensorelemente der zweiten Teilbrücke untereinander wenigstens weitgehend symmetrisch zu dem Bezugspunkt auf der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse gewählt und sind die Werte der ersten Ortskoordinaten von den Werten der zweiten Ortskoordinaten unterschiedlich gewählt. Außerdem sind insbesondere die Werte der ersten Ortskoordinaten der Sensorelemente der ersten Teilbrücke größer gewählt als die Werte der zweiten Ortskoordinaten der Sensorelemente der zweiten Teilbrücke.

[0039] Mit diesen bevorzugten Weiterbildungen werden auch für die Sensoranordnung mit nur zwei Teilbrücken dieselben Eigenschaften und Vorteile wie für die Sensoranordnung mit vier Teilbrücken erhalten.

[0040] In der Praxis zeigt sich, daß es bei den beschriebenen Anordnungen vorteilhaft ist, dem Magnetfeld des Arbeitsmagneten, welches im idealen Fall am Ort der Sensoranordnung lediglich eine Magnetfeldkomponente entlang der hier als z-Koordinatenachse bezeichneten Richtung aufweist und durch die Positionierung der Sensoranordnung vor dem Bewegungsgebelement eine Auslenkung in der Meßrichtung erfährt, eine zusätzliche Magnetfeldkomponente in Richtung wenigstens einer weiteren, zur Meßrichtung wenigstens weitgehend orthogonalen Koordinatenachse zu überlagern. Diese Richtung wird in den gezeigten Anordnungen vorzugsweise durch die x-Koordinatenachse gebildet. Diese zusätzliche Magnetfeldkomponente vorzugsweise in Richtung der x-Koordinatenachse wird auch als Stützfild der Sensoranordnung bezeichnet. Es zeigt sich, daß bei einer Richtungsumkehr (d. h. Vorzeichenumkehr der magnetischen Feldstärke) dieser zusätzlichen Magnetfeldkomponente auch die Kennlinie der Sensoranordnung, insbesondere der Zusammenhang zwischen dem Meßfeld bzw. der Bewegungskordinate des Bewegungsgebelements und dem Ausgangssignal der Sensoranordnung, invertiert wird. Da eine derartige Kennlinieninversion eine korrekte Auswertung des Ausgangssignals der Sensoranordnung nicht mehr gewährleistet, kann im Betrieb der Sensoranordnung auf ein solches Stützfild nicht verzichtet werden.

[0041] Allerdings kann der Fall auftreten, daß das beschriebene Stützfild innerhalb des von der Sensoranordnung beanspruchten räumlichen Bereichs, d. h. in den beschriebenen Anordnungen entlang der x-Koordinatenachse, Divergenzen aufweist, d. h. inhomogen ist. Damit sind entlang dieser x-Koordinatenachse an unterschiedlichen Ortskoordinaten befindliche Sensorelemente der Sensoranordnung auch unterschiedlichen Feldstärken des Stützfildes ausgesetzt, was zu unterschiedlichen Empfindlichkeiten dieser Sensorelemente bezüglich des Meßfeldes führt.

[0042] Nach einer weiteren Fortbildung insbesondere der mit zwei Teilbrücken ausgebildeten Ausgestaltung der Erfindung weisen die Sensorelemente in Richtung wenigstens einer weiteren, zur Meßrichtung wenigstens weitgehend orthogonalen Koordinatenachse wenigstens weitgehend übereinstimmende Ortskoordinaten auf. Eine derartige Fortbildung kann im übrigen auch für die mit vier Teilbrücken ausgebildete Ausgestaltung der Erfindung vorteilhaft sein.

[0043] Insbesondere ist dabei die weitere, zur Meßrichtung wenigstens weitgehend orthogonale Koordinatenachse wenigstens weitgehend orthogonal zur Hauptrichtung der Feldlinien des angelegten Magnetfeldes ausgerichtet.

[0044] Damit werden die Empfindlichkeiten der Sensorelemente der unterschiedlichen Teilbrücken bezüglich des Meßfeldes einander angeglichen und somit die Robustheit der Sensoranordnung gegenüber äußeren Magnetfeldern, somit auch gegenüber äußeren Störfeldern, deutlich verbessert.

[0045] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und nachfolgend näher beschrieben. In diesen Zeichnungen, in deren Figuren übereinstimmende Elemente mit identischen Bezugszeichen versehen sind, zeigen

[0046] Fig. 1 ein Beispiel für eine Anordnung zur Messung der Drehgeschwindigkeit eines rotierenden Bewegungsgebelements,

[0047] Fig. 2 ein Schaltbild einer Sensoranordnung aus Fig. 1,

[0048] Fig. 3 eine mögliche räumliche Gestaltung für die Sensoranordnung aus Fig. 2,

[0049] Fig. 4 ein Beispiel für einen Gradientensensor als schematisches Schaltbild,

[0050] Fig. 5 eine mögliche räumliche Gestaltung für den Gradientensensor aus Fig. 4,

- [0051] Fig. 6 ein schematisches Schaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung,
 [0052] Fig. 7 eine beispielhafte räumliche Gestaltung des ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung gemäß Fig. 6,
 [0053] Fig. 8 ein schematisches Schaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung,
 [0054] Fig. 9 eine beispielhafte räumliche Gestaltung des zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung gemäß Fig. 8,
 [0055] Fig. 10 ein schematisches Schaltbild eines dritten Ausführungsbeispiels der Erfindung und
 [0056] Fig. 11 eine beispielhafte räumliche Gestaltung des dritten Ausführungsbeispiels der Erfindung gemäß Fig. 10.
 [0057] Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 zeigt eine Sensoranordnung 10, die eine erste Wheatstone-Brücke umfaßt, die aus je einem ersten, zweiten, dritten und vierten Sensorelement 11, 21, 31 bzw. 41 aufgebaut ist, von denen das erste und das dritte Sensorelement 11, 31 einerseits und das zweite und das vierte Sensorelement 21, 41 andererseits je zueinander in Reihe zu je einer Teilbrücke verbunden sind. Die Sensoranordnung 10 umfaßt weiterhin eine zweite Wheatstone-Brücke, die aus je einem fünften, sechsten, siebten und achten Sensorelement 12, 22, 32 bzw. 42 aufgebaut ist, von denen das fünfte und das siebte Sensorelement 12, 32 einerseits und das sechste und das achte Sensorelement 22, 42 andererseits ebenfalls je zueinander in Reihe zu je einer Teilbrücke verbunden sind. Diese Teilbrücken 11, 31; 21, 41; 12, 32; 22, 42 sind zwischen einem ersten Speisespannungsanschluß 5, der vorzugsweise ein Speisespannungspotential UB führt, und einem zweiten Speisespannungsanschluß 6, der vorzugsweise Massepotential M führt, angeordnet.
 [0058] Der Verbindungspunkt zwischen dem ersten und dem dritten Sensorelement 11 und 31 ist mit einem ersten Abgriff 15 der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 verbunden. Entsprechend ist der Verbindungspunkt zwischen dem zweiten und dem vierten Sensorelement 21 und 41 mit einem zweiten Abgriff 16 der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 verbunden. Weiterhin ist der Verbindungspunkt zwischen dem fünften und siebten Sensorelement 12 und 32 mit einem dritten Abgriff 17 der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 verbunden und ist der Verbindungspunkt zwischen dem sechsten und achten Sensorelement 22 und 42 mit einem vierten Abgriff 18 der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 verbunden. Zwischen dem ersten und dem zweiten Abgriff 15 und 16 wird ein erstes Ausgangssignal UA1 der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 abgegriffen, und zwischen dem dritten und dem vierten Abgriff 17 und 18 wird ein zweites Ausgangssignal UA2 der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 abgegriffen.
 [0059] Das erste, zweite, dritte, vierte, fünfte, sechste, siebte und achte Sensorelement 11, 21, 31, 41, 12, 22, 32 bzw. 42 der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 weisen Widerstandswerte R1 1, R21, R31, R41, R12, R22, R32 bzw. R42 auf.
 [0060] Die Sensorelemente 11, 21, 31, 41 der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 sind entlang einer y-Koordinatenachse mit einer für alle diese Sensorelemente betragsmäßig übereinstimmenden ersten Ortskoordinaten Δy_1 symmetrisch zu einer entlang einer x-Koordinatenachse verlaufenden räumlichen Mittelachse 19 in einer durch diese x- und y-Koordinatenachsen aufgespannten Ebene positioniert. Die Sensorelemente 12, 22, 32, 42 der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 sind entlang der y-Koordinatenachse mit einer für alle diese Sensorelemente ebenfalls betragsmäßig übereinstimmenden zweiten Ortskoordinaten Δy_2 symmetrisch zu der räumlichen Mittelachse 19 in derselben Ebene positioniert. Der Wert der ersten Ortskoordinaten Δy_1 ist dabei größer gewählt als der Wert der zweiten Ortskoordinaten Δy_2 . Damit sind die beiden Wheatstone-Brücken räumlich entlang der y-Koordinatenachse ineinander verschachtelt angeordnet.
 [0061] Das erste, zweite, dritte, vierte, fünfte, sechste, siebte und achte Sensorelement 11, 21, 31, 41, 12, 22, 32 bzw. 42 der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 sind mit Barberpol-Strukturen ausgestattet. Die Ausrichtung dieser Barberpol-Strukturen in den einzelnen Sensorelementen ist entsprechend der Darstellung der Fig. 2 und 4 wieder durch Schraffuren angedeutet. Dementsprechend werden für die Winkel α_i der Stromflußrichtung durch das Sensorelement i bei verschwindendem Meßfeld H_i am Ort des Sensorelements mit dem Bezugszeichen i = 11, 21, 31, 41 bzw. 12, 22, 32, 42 in Fig. 6 die folgenden Werte gewählt:
 $\alpha_{11} = +45^\circ, \alpha_{21} = -45^\circ, \alpha_{31} = -45^\circ, \alpha_{41} = +45^\circ,$
 $\alpha_{12} = +45^\circ, \alpha_{22} = -45^\circ, \alpha_{32} = -45^\circ, \alpha_{42} = +45^\circ.$
 [0062] Fig. 7 zeigt eine mögliche räumliche Gestaltung für die in Fig. 6 wiedergegebene Sensoranordnung 10 in einer Draufsicht auf die durch die x-Koordinatenachse und die y-Koordinatenachse aufgespannten Ebene. Darin sind wieder schematisch die Barberpol-Strukturen eingezeichnet, und der Deutlichkeit halber sind deren Ausrichtungen in den einzelnen Sensorelementen 11, 21, 31, 41, 12, 22, 32 bzw. 42 durch neben diese einzelnen Sensorelemente 11, 21, 31, 41, 12, 22, 32 bzw. 42 gezeichnete Symbole 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77 bzw. 78 dargestellt.
 [0063] Für die erste und die zweite Wheatstone-Brücke der Sensoranordnung 10 nach Fig. 6 können die Ausgangssignale entsprechend der Sensoranordnung 7 aus Fig. 2 ermittelt werden. Die Beziehungen für das Meßfeld am Ort der einzelnen Sensorelemente i lauten in erster Näherung:

$$H_i = H_{\text{Off } i} + H_{\text{pk}} \sin\left(n \phi - \frac{n y_i}{r}\right) + H_{\text{ex}}$$

[0064] Dabei ist in zu Fig. 2 und 3 entsprechender Weise:

$H_{\text{Off } i}$ Offsetanteil der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement i,
 y_i Ortskoordinate des Sensorelements i und
 i Laufindex mit i = 11, 21, 31, 41, 12, 22, 32, 42.

[0065] Für die Widerstandswerte Ri der einzelnen Sensorelemente i gilt die Beziehung:

$$R_i = R_0 + S H_i \text{ bzw. } R_i = R_0 - S H_i,$$

wobei das Vorzeichen vor dem zweiten Summanden in diesen Gleichungen wieder von der Wahl der Winkel α_i der Stromflußrichtung durch das Sensorelement i bei verschwindendem Meßfeld H_i am Ort des Sensorelements i, mit i = 11, 21, 31, 41, 12, 22, 32, 42, d. h. von der Wahl der Ausrichtung der Barberpol-Strukturen bezüglich der die Sensorelemente 11, 21, 31, 41, 12, 22, 32 bzw. 42 durchfließenden elektrischen Ströme, abhängt.

[0066] Für die erste Wheatstone-Brücke der Sensoranordnung 10 ergeben sich als Widerstandswerte R11, R21, R31, R41 der einzelnen Sensorelemente 11, 21, 31, 41:

$$R_{11} = R_0 + S (H_{\text{Off}11} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n Y_{11}}{r}) + H_{ex})$$

$$R_{21} = R_0 - S (H_{\text{Off}21} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n Y_{21}}{r}) + H_{ex})$$

$$R_{31} = R_0 - S (H_{\text{Off}31} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n Y_{31}}{r}) + H_{ex})$$

$$R_{41} = R_0 + S (H_{\text{Off}41} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n Y_{41}}{r}) + H_{ex})$$

[0067] Entsprechend ergeben sich für die zweite Wheatstone-Brücke der Sensoranordnung 10 als Widerstandswerte R12, R22, R32, R42 der einzelnen Sensorelemente 12, 22, 32, 42:

$$R_{12} = R_0 + S (H_{\text{Off}12} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n Y_{12}}{r}) + H_{ex})$$

$$R_{22} = R_0 - S (H_{\text{Off}22} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n Y_{22}}{r}) + H_{ex})$$

$$R_{32} = R_0 - S (H_{\text{Off}32} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n Y_{32}}{r}) + H_{ex})$$

$$R_{42} = R_0 + S (H_{\text{Off}42} + H_{pk} \sin(n \phi - \frac{n Y_{42}}{r}) + H_{ex})$$

[0068] Gemäß der Darstellung in Fig. 6 und 7 gelten für die Ortskoordinaten y_i der Sensorelemente i bei dem angenommenen symmetrischen Aufbau der Sensoranordnung 10 bezüglich der x-Koordinatenachse die Beziehungen

$$y_{11} = y_{21} = -y_{31} = -y_{41} = \Delta y_1,$$

$$y_{12} = y_{22} = -y_{32} = -y_{42} = \Delta y_2;$$

und unter derselben Annahme ergeben sich für die Offsetanteile H_{Off} der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes für die einzelnen Wheatstone-Brücken:

$$H_{\text{Off}11} = H_{\text{Off}21}, = -H_{\text{Off}31}, = -H_{\text{Off}41} = H_{\text{Off}}^1,$$

$$H_{\text{Off}12} = H_{\text{Off}22} = -H_{\text{Off}32} = -H_{\text{Off}42} = H_{\text{Off}}^2,$$

mit:

H_{Off}^1 Betrag des Offsetanteils der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement 11, 21, 31, 41 (Fig. 6, 7),

H_{Off}^2 Betrag des Offsetanteils der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement 12, 22, 32, 42 (Fig. 6, 7).

[0069] Damit ergibt sich das erste Ausgangssignal UA1 der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 in erster Näherung zu:

$$\frac{UA1}{UB} = \frac{R_{31}}{R_{11} + R_{31}} - \frac{R_{41}}{R_{21} + R_{41}}$$

$$= - \frac{S H_{pk}}{R_0} \sin(n \phi) \cos(\frac{n \Delta y_1}{r}) - \frac{S H_{ex}}{R_0}$$

[0070] Entsprechend folgt für das zweite Ausgangssignal UA2 der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 in erster Näherung:

$$\frac{UA2}{UB} = \frac{R_{32}}{R_{12} + R_{32}} - \frac{R_{42}}{R_{22} + R_{42}}$$

$$= - \frac{S H_{pk}}{R_0} \sin(n \phi) \cos(\frac{n \Delta y_2}{r}) - \frac{S H_{ex}}{R_0}$$

[0071] Für die Differenz der Ausgangssignale UA1 und UA2 der beiden Wheatstone-Brücken ergibt sich daraus in erster Näherung:

$$\frac{UA2 - UA1}{UB} = - \frac{S H_{pk}}{R_0} \sin(n \phi) \left[\cos(\frac{n \Delta y_1}{r}) - \cos(\frac{n \Delta y_2}{r}) \right]$$

[0072] Das als Differenz der Ausgangssignale UA1 und UA2 aus den Wheatstone-Brücken kombinierte Signal ist somit von einem äußeren Feld unabhängig und damit nicht durch Störfelder beeinflusst. Die Sensoranordnung 10 nach Fig. 6, 7 weist damit eine hohe Robustheit gegenüber magnetischen Störfeldern auf.

[0073] Anstelle der gezeigten Kombination der einzelnen Teilbrücken zu der ersten und der zweiten Wheatstone-Brücke können die beschriebenen Teilbrücken auch in anderer Zusammenstellung zu Wheatstone-Brücken kombiniert

werden.

[0074] Fig. 8 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer Sensoranordnung 30, die lediglich eine Wheatstone-Brücke umfaßt, die aus je einem ersten, zweiten, dritten und vierten Sensorelement 13, 23, 33 bzw. 43 aufgebaut ist, von denen das erste und das dritte Sensorelement 13, 33 einerseits und das zweite und das vierte Sensorelement 23, 43 andererseits je zueinander in Reihe zu je einer Teilbrücke verbunden sind. Diese Teilbrücken 13, 33 bzw. 23, 43 sind zwischen einem ersten Speisespannungsanschluß 5, der vorzugsweise wieder ein Speisespannungspotential UB führt, und einem zweiten Speisespannungsanschluß 6, der vorzugsweise wieder Massepotential M führt, angeordnet.

[0075] Der Verbindungspunkt zwischen dem ersten und dem dritten Sensorelement 13 und 33 ist mit einem ersten Abgriff 35 der als Wheatstone-Brücke ausgebildeten magnetoresistiven Sensoranordnung 30 verbunden. Entsprechend ist der Verbindungspunkt zwischen dem zweiten und dem vierten Sensorelement 23 und 43 mit einem zweiten Abgriff 36 der Wheatstone-Brücke verbunden. Zwischen dem ersten und dem zweiten Abgriff 35 und 36 wird ein Ausgangssignal UA3 der magnetoresistiven Sensoranordnung 30 abgegriffen.

[0076] Das erste, zweite, dritte und vierte Sensorelement 13, 23, 33 und 43 der magnetoresistiven Sensoranordnung 30 weisen Widerstandswerte R13, R23, R33 bzw. R43 auf.

[0077] Das erste und das dritte Sensorelement 13, 33 der ersten Teilbrücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 30 sind entlang einer y-Koordinatenachse mit einer für diese beiden Sensorelemente 13, 33 betragsmäßig übereinstimmenden ersten Ortskoordinaten Δy_1 symmetrisch zu einer entlang einer x-Koordinatenachse verlaufenden räumlichen Mittelachse 37 in einer durch diese x- und y-Koordinatenachsen aufgespannten Ebene positioniert. Die Sensorelemente 23, 43 der zweiten Teilbrücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 30 sind entlang der y-Koordinatenachse mit einer für diese beiden Sensorelemente 23, 43 ebenfalls betragsmäßig übereinstimmenden zweiten Ortskoordinaten Δy_2 symmetrisch zu der räumlichen Mittelachse 37 in derselben Ebene positioniert. Der Wert der ersten Ortskoordinaten Δy_1 ist dabei größer gewählt als der Wert der zweiten Ortskoordinaten Δy_2 . Damit weisen die beiden Teilbrücken 13, 33 bzw. 23, 43 räumlich entlang der y-Koordinatenachse unterschiedliche Ausdehnungen auf.

[0078] Auch in der Sensoranordnung nach diesem Ausführungsbeispiel sind das erste, zweite, dritte und vierte Sensorelement 13, 23, 33 bzw. 43 der magnetoresistiven Sensoranordnung 30 mit Barberpol-Strukturen ausgestattet. Die Ausrichtung dieser Barberpol-Strukturen in den einzelnen Sensorelementen ist entsprechend der Darstellung der Fig. 2, 4 oder 6 wieder durch Schraffuren angedeutet. Dementsprechend werden für die Winkel α_i der Stromflußrichtung durch das Sensorelement i bei verschwindendem Meßfeld H_i am Ort des Sensorelements mit dem Bezugszeichen $i = 13, 23, 33, 43$ in Fig. 8 die folgenden Werte gewählt:

$$\alpha_{13} = +45^\circ, \alpha_{23} = +45^\circ, \alpha_{33} = -45^\circ, \alpha_{43} = -45^\circ.$$

[0079] Fig. 9 zeigt eine mögliche räumliche Gestaltung für die in Fig. 8 wiedergegebene Sensoranordnung 30 in einer Draufsicht auf die durch die x-Koordinatenachse und die y-Koordinatenachse aufgespannten Ebene. Darin sind wieder schematisch die Barberpol-Strukturen eingezeichnet, und der Deutlichkeit halber sind deren Ausrichtungen in den einzelnen Sensorelementen 13, 23, 33 bzw. 43 durch neben diese einzelnen Sensorelemente 13, 23, 33 bzw. 43 gezeichnete Symbole 81, 82, 83, bzw. 84 dargestellt.

[0080] Für die Sensoranordnung 30 nach Fig. 8 kann das Ausgangssignal UA3 wieder entsprechend den Sensoranordnungen 7 oder 10 aus Fig. 2 oder 6 ermittelt werden. Die Beziehungen für das Meßfeld am Ort der einzelnen Sensorelemente i lauten wieder in erster Näherung:

$$H_i = H_{\text{Off } i} + H_{\text{pk}} \sin\left(n\phi - \frac{n y_i}{r}\right) + H_{\alpha} \quad (40)$$

[0081] Dabei ist in zu Fig. 2 und 3 bzw. 6 und 7 entsprechender Weise:

$H_{\text{Off } i}$ Offsetanteil der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement i,

y_i Ortskoordinate des Sensorelements i und

i Laufindex mit $i = 13, 23, 33, 43$.

[0082] Für die Widerstandswerte R_i der einzelnen Sensorelemente i gilt die Beziehung:

$$R_i = R_0 + S H_i \text{ bzw. } R_i = R_0 - S H_i,$$

wobei das Vorzeichen vor dem zweiten Summanden in diesen Gleichungen wieder von der Wahl der Winkel α_i der Stromflußrichtung durch das Sensorelement i bei verschwindendem Meßfeld H_i am Ort des Sensorelements i, mit $i = 13, 23, 33, 43$, d. h. von der Wahl der Ausrichtung der Barberpol-Strukturen bezüglich der die Sensorelemente 13, 23, 33 bzw. 43 durchfließenden elektrischen Ströme, abhängt.

[0083] Für die Sensoranordnung 30 ergeben sich als Widerstandswerte R13, R23, R33, R43 der einzelnen Sensorelemente 13, 23, 33, 43:

$$R_{13} = R_0 + S (H_{\text{Off } 13} + H_{\text{pk}} \sin(n\phi - \frac{n y_{13}}{r}) + H_{\alpha}) \quad (55)$$

$$R_{23} = R_0 - S (H_{\text{Off } 23} + H_{\text{pk}} \sin(n\phi - \frac{n y_{23}}{r}) + H_{\alpha}) \quad (60)$$

$$R_{33} = R_0 - S (H_{\text{Off } 33} + H_{\text{pk}} \sin(n\phi - \frac{n y_{33}}{r}) + H_{\alpha}) \quad (65)$$

$$R_{43} = R_0 + S (H_{\text{Off } 43} + H_{\text{pk}} \sin(n\phi - \frac{n y_{43}}{r}) + H_{\alpha})$$

[0084] Gemäß der Darstellung in Fig. 8 und 9 gelten für die Ortskoordinaten y_i der Sensorelemente i bei dem hier angenommenen Aufbau der Sensoranordnung 30 bezüglich der x-Koordinatenachse die Beziehungen

$$y_{13} = -y_{33} = \Delta y_1 \text{ und } y_{23} = -y_{43} = \Delta y_2;$$

und unter derselben Annahme ergeben sich für die Offsetanteile $H_{\text{Off}i}$ der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes für die einzelnen Sensorelemente i:

$$H_{\text{Off}13} = -H_{\text{Off}33} \text{ und } H_{\text{Off}23} = -H_{\text{Off}43}$$

[0085] Damit ergibt sich das Ausgangssignal UA3 der Sensoranordnung 30 in erster Näherung zu:

$$\begin{aligned} \frac{UA3}{UB} &= \frac{R33}{R13 + R33} - \frac{R43}{R23 + R43} \\ &= - \frac{S}{2 R_0} \frac{H_{pk}}{r} \sin(n \phi) \left[\cos\left(\frac{n \Delta y1}{r}\right) - \cos\left(\frac{n \Delta y2}{r}\right) \right] \end{aligned}$$

[0086] Das Ausgangssignal UA3 der Sensoranordnung 30 ist somit ebenfalls von einem äußeren Feld unabhängig und damit auch nicht durch Störfelder beeinflusst. Die Sensoranordnung 30 nach Fig. 8, 9 ist damit ebenfalls robust gegenüber magnetischen Störfeldern.

[0087] Fig. 10 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer Sensoranordnung 40, die wie die Sensoranordnung 30 des zweiten, in den Fig. 8, 9 gezeigten Ausführungsbeispiels lediglich eine Wheatstone-Brücke umfaßt, die aus je einem ersten, zweiten, dritten und vierten Sensorelement 14, 24, 34 bzw. 44 aufgebaut ist, von denen das erste und das dritte Sensorelement 14, 34 einerseits und das zweite und das vierte Sensorelement 24, 44 andererseits je zueinander in Reihe zu je einer Teilbrücke verbunden sind. Diese Teilbrücken 14, 34 bzw. 24, 44 sind zwischen einem ersten Speisespannungsanschluß 5, der vorzugsweise wieder ein Speisespannungspotential UB führt, und einem zweiten Speisespannungsanschluß 6, der vorzugsweise wieder Massepotential M führt, angeordnet.

[0088] Der Verbindungspunkt zwischen dem ersten und dem dritten Sensorelement 14 und 34 ist mit einem ersten Abgriff 45 der als Wheatstone-Brücke ausgebildeten magnetoresistiven Sensoranordnung 40 verbunden. Entsprechend ist der Verbindungspunkt zwischen dem zweiten und dem vierten Sensorelement 24 und 44 mit einem zweiten Abgriff 46 der Wheatstone-Brücke verbunden. Zwischen dem ersten und dem zweiten Abgriff 45 und 46 wird ein Ausgangssignal UA4 der magnetoresistiven Sensoranordnung 40 abgegriffen.

[0089] Das erste, zweite, dritte und vierte Sensorelement 14, 24, 34 und 44 der magnetoresistiven Sensoranordnung 40 weisen Widerstandswerte R14, R24, R34 bzw. R44 auf.

[0090] Das erste und das dritte Sensorelement 14, 34 der ersten Teilbrücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 40 sind entlang einer y-Koordinatenachse mit einer für diese beiden Sensorelemente 14, 34 betragsmäßig übereinstimmenden ersten Ortskoordinaten $\Delta y1$ symmetrisch zu einer entlang einer x-Koordinatenachse verlaufenden räumlichen Mittelachse 47 in einer durch diese x- und y-Koordinatenachsen aufgespannten Ebene positioniert. Die Sensorelemente 24, 44 der zweiten Teilbrücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 40 sind entlang der y-Koordinatenachse mit einer für diese beiden Sensorelemente 24, 44 ebenfalls betragsmäßig übereinstimmenden zweiten Ortskoordinaten $\Delta y2$ symmetrisch zu der räumlichen Mittelachse 47 in derselben Ebene positioniert. Der Wert der ersten Ortskoordinaten $\Delta y1$ ist dabei größer gewählt als der Wert der zweiten Ortskoordinaten $\Delta y2$. Damit weisen die beiden Teilbrücken 14, 34 bzw. 24, 44 räumlich entlang der y-Koordinatenachse unterschiedliche Ausdehnungen auf.

[0091] Auch in der Sensoranordnung nach dem dritten Ausführungsbeispiel sind das erste, zweite, dritte und vierte Sensorelement 14, 24, 34 bzw. 44 der Sensoranordnung 40 mit Barberpol-Strukturen ausgestattet. Die Ausrichtung dieser Barberpol-Strukturen in den einzelnen Sensorelementen ist entsprechend der Darstellung der Fig. 2, 4, 6 oder 8 wieder durch Schraffuren angedeutet. Die Winkel α_i der Stromflußrichtung durch das Sensorelement i bei verschwindendem Meßfeld H_i am Ort des Sensorelements mit dem Bezugszeichen i = 14, 24, 34, 44 in Fig. 10 sind wie folgt gewählt:

$$[0092] \quad \alpha_{14} = +45^\circ, \alpha_{24} = +45^\circ, \alpha_{34} = -45^\circ, \alpha_{44} = -45^\circ.$$

[0093] Fig. 11 zeigt eine mögliche räumliche Gestaltung für die in Fig. 10 wiedergegebene Sensoranordnung 40 in einer Draufsicht auf die durch die x-Koordinatenachse und die y-Koordinatenachse aufgespannten Ebene. Darin sind wieder schematisch die Barberpol-Strukturen eingezeichnet, und der Deutlichkeit halber sind deren Ausrichtungen in den einzelnen Sensorelementen 14, 24, 34 bzw. 44 durch neben diese einzelnen Sensorelemente 14, 24, 34 bzw. 44 gezeichnete Symbole 85, 86, 87, bzw. 88 dargestellt.

[0094] Damit entspricht die Sensoranordnung 40 nach Fig. 10, 11 der Sensoranordnung 30 nach Fig. 8, 9 mit Ausnahme der Anordnung der Sensorelemente 14, 24, 34, 44 entlang der x-Koordinatenachse. Für die Sensoranordnung 40 nach Fig. 10, 11 ergibt sich somit als Ausgangssignal UA4 ein in erster Näherung dem Ausgangssignal UA3 der Sensoranordnung 30 entsprechendes Signal gemäß der Beziehung:

$$\begin{aligned} \frac{UA4}{UB} &= \frac{R34}{R14 + R34} - \frac{R44}{R24 + R44} \\ &= - \frac{S}{2 R_0} \frac{H_{pk}}{r} \sin(n \phi) \left[\cos\left(\frac{n \Delta y1}{r}\right) - \cos\left(\frac{n \Delta y2}{r}\right) \right] \end{aligned}$$

[0095] Die Sensoranordnung 40 gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel ist insbesondere vorteilhaft für den Fall, daß ein eingangs beschriebenes Stützfild in der hier für die x-Koordinatenachse gewählten Richtung innerhalb des von der Sensoranordnung 40 beanspruchten räumlichen Bereichs entlang der genannten x-Koordinatenachse Divergenzen aufweist, d. h. inhomogen ist. Damit wären entlang dieser x-Koordinatenachse an unterschiedlichen Ortskoordinaten befindliche Sensorelemente einer Sensoranordnung auch unterschiedlichen Feldstärken des Stützfildes ausgesetzt, was zu unterschiedlichen Empfindlichkeiten dieser Sensorelemente bezüglich des Meßfeldes führen würde.

[0096] Nach einer Ausgestaltung der Erfindung, wie sie das vorstehend beschriebene dritte Ausführungsbeispiel zeigt,

weisen die Sensorelemente in Richtung der hier zur Meßrichtung orthogonalen x-Koordinatenachse übereinstimmende Ortskoordinaten auf. Die zur Meßrichtung orthogonale x-Koordinatenachse ist dabei auch orthogonal zur Hauptrichtung der Feldlinien des angelegten Magnetfeldes ausgerichtet.

[0097] Damit werden die Empfindlichkeiten der Sensorelemente der unterschiedlichen Teilbrücken bezüglich des Meßfeldes einander angeglichen und somit die Robustheit der Sensoranordnung gegenüber äußeren Magnetfeldern, somit auch gegenüber äußeren Störfeldern, deutlich verbessert. 5

[0098] Ein weiterer Vorteil der im zweiten und dritten Ausführungsbeispiel erläuterten Sensoranordnungen 30, 40 liegt außer in ihrem kompakten und einfachen Aufbau auch in der gegenüber der Sensoranordnung 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel verringerten Anzahl von elektrischen Anschlüssen. Dies begünstigt die Miniaturisierung der beschriebenen Sensoranordnungen und ermöglicht den Einbau in ein standardisiertes Gehäuse mit nur vier Anschlußfahnen. 10

[0099] Mit den erfindungsgemäßen Sensoranordnungen wird beim Einsatz in einer Anordnung gemäß Fig. 1 stets ein Nulldurchgang des Ausgangssignals erhalten, wenn die Mitte eines Zahns oder einer Lücke zwischen je zwei Zähnen des Bewegungsgeberelements sich gegenüber der räumlichen Mittelachse der Sensoranordnung befindet. Damit ist eine genaue Positionsbestimmung für das Bewegungsgeberelement mit geringem Aufwand möglich.

[0100] Eine Anordnung der Sensorelemente bezüglich der x-Koordinatenachse wie im dritten Ausführungsbeispiel erläutert kann im übrigen auch für die mit vier Teilbrücken ausgebildete Ausgestaltung der Erfindung vorteilhaft sein. 15

BEZUGSZEICHENLISTE

1 Erstes Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 7	20
2 Zweites Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 7	
3 Drittes Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 7	
4 Viertes Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 7	
5 Erster Speisespannungsanschluß (für erstes Speisespannungspotential UB)	
6 Zweiter Speisespannungsanschluß (für Massepotential M)	25
7 Magnetoresistive Sensoranordnung	
8 Arbeitsmagnet	
9 Rotierendes Bewegungsgeberelement	
10 Magnetoresistive Sensoranordnung nach einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung	
11 Erstes Sensorelement der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	30
12 Fünftes Sensorelement der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	
13 Erstes Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 30	
14 Erstes Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 40	
15 Erster Abgriff der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	
16 Zweiter Abgriff der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	35
17 Dritter Abgriff der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	
18 Viertes Abgriff der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	
19 räumliche Mittelachse der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	
21 Zweites Sensorelement der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	
22 Sechstes Sensorelement der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	40
23 Zweites Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 30	
24 Zweites Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 40	
30 Magnetoresistive Sensoranordnung nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung (Fig. 8, 9)	
31 Drittes Sensorelement der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	
32 Siebtes Sensorelement der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	45
33 Drittes Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 30	
34 Drittes Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 40	
35 Erster Abgriff der magnetoresistiven Sensoranordnung 30	
36 Zweiter Abgriff der magnetoresistiven Sensoranordnung 30	
37 Räumliche Mittelachse der magnetoresistiven Sensoranordnung 30	50
40 Magnetoresistive Sensoranordnung nach einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung (Fig. 10, 11)	
41 Viertes Sensorelement der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	
42 Achtes Sensorelement der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10	
43 Viertes Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 30	
44 Viertes Sensorelement der magnetoresistiven Sensoranordnung 40	55
45 Erster Abgriff der magnetoresistiven Sensoranordnung 40	
46 Zweiter Abgriff der magnetoresistiven Sensoranordnung 40	
47 Räumliche Mittelachse der magnetoresistiven Sensoranordnung 40	
51 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 1	
52 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 2	60
53 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 3	
54 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 4	
55 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 61	
56 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 62	
57 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 63	65
58 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 64	
60 Gradientensensor	
61 Erstes Sensorelement des Gradientensensors 60	

- 62 Zweites Sensorelement des Gradientensensors 60
 63 Drittes Sensorelement des Gradientensensors 60
 64 Viertes Sensorelement des Gradientensensors 60
 71 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 11
 5 72 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 21
 73 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 31
 74 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 41
 75 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 12
 76 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 22
 10 77 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 32
 78 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 42
 81 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 13
 82 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 23
 83 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 33
 15 84 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 43
 85 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 14
 86 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 24
 87 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 34
 88 Symbol für die Ausrichtung der Barberpol-Strukturen im Sensorelement 44
 20 H Magnetfeld des Arbeitsmagneten
 H_i Magnetische Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement i mit dem Widerstand R_i
 H_{ex} Magnetische Feldstärke eines der Sensoranordnung 7 großflächig überlagerten äußeren Magnetfeldes, insbesondere eines Störfeldes, am Sensorelement i
 H_{offi} Offsetanteil der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement i
 25 H_{off}^1 Betrag des Offsetanteils der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement 1, 2, 3, 4 (Fig. 2, 3)
 H_{off}^1 Betrag des Offsetanteils der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement 11, 21, 31, 41 (Fig. 6, 7)
 H_{off}^2 Betrag des Offsetanteils der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement 12, 22, 32, 42 (Fig. 6, 7)
 H_{pk} Amplitude der magnetischen Feldstärke des Meßfeldes am Sensorelement i
 i Laufindex mit je nach Fall $i = 1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14, 21, 22, 23, 24, 31, 32, 33, 34, 41, 42, 43, 44, 61, 62, 63$, bzw. 64
 30 M Zweites Speisespannungspotential (= Massepotential)
 n Anzahl der Zähne auf dem als Geberrad ausgebildeten Bewegungsgeberelement 9
 r Radius des als Geberrad ausgebildeten Bewegungsgeberelements 9
 R_0 Widerstandswert der einzelnen Sensorelemente i im Arbeitspunkt
 R_i Widerstandswert des Sensorelements mit dem Bezugszeichen i
 35 S Widerstandsänderung der Widerstandswerte R_i in Abhängigkeit vom Meßfeld, d. h. Steilheit der R-H-Kennlinie der Sensorelemente mit dem Bezugszeichen i oder Sensitivität der Sensorelemente mit dem Bezugszeichen i
 UA Ausgangssignal der Sensoranordnung 7
 UA1 Erstes Ausgangssignal der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10
 UA2 Zweites Ausgangssignal der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10
 40 UA3 Ausgangssignal der Sensoranordnung 30
 UA4 Ausgangssignal der Sensoranordnung 40
 UA6 Ausgangssignal der Sensoranordnung 60 (= Gradientensensor)
 UB Erstes Speisespannungspotential
 x Koordinatenachse
 45 y Koordinatenachse
 y_i Ortskoordinate des Sensorelements i entlang der y-Koordinatenachse
 z Koordinatenachse
 α_i Winkel der Stromflußrichtung durch das Sensorelement i bei verschwindendem Meßfeld H_i am Ort des Sensorelements mit dem Bezugszeichen i
 50 Δy Betrag der Ortskoordinate der Sensorelemente 1, 2, 3, 4 der magnetoresistiven Sensoranordnung 7
 Δy_1 Erste Ortskoordinate (Betrag) der Sensorelemente 11, 21, 31, 41 der ersten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 sowie der Sensorelemente 13, 33 der magnetoresistiven Sensoranordnung 30 und der Sensorelemente 14, 34 der magnetoresistiven Sensoranordnung 40
 Δy_2 Zweite Ortskoordinate (Betrag) der Sensorelemente 12, 22, 32, 42 der zweiten Wheatstone-Brücke der magnetoresistiven Sensoranordnung 10 sowie der Sensorelemente 23, 43 der magnetoresistiven Sensoranordnung 30 und der Sensorelemente 24, 44 der magnetoresistiven Sensoranordnung 40
 55 Φ Bewegungskordinate des rotierenden Bewegungsgeberelements 9 (z. B. Kurbelwellendrehwinkel)

Patentansprüche

- 60 1. Sensoranordnung mit wenigstens zwei Teilbrücken, die zu wenigstens einer Wheatstone-Brücke miteinander gekoppelt sind und in jeder der Teilbrücken wenigstens zwei magnetoresistive Sensorelemente aufweist, welche Sensorelemente entlang einer Meßrichtung gegenüber der magnetischen Feldstärke eines angelegten Magnetfeldes empfindlich und zum Abgeben eines Meßsignals in Abhängigkeit von einer in der Meßrichtung gemessenen, als
 65 Meßfeld bezeichneten Feldkomponente des Magnetfeldes ausgebildet sind, wobei in jeder der Teilbrücken wenigstens zwei der Sensorelemente Barberpol-Strukturen mit zueinander unterschiedlicher Ausrichtung aufweisen und wobei die Ortskoordinaten der Sensorelemente wenigstens einer der Teilbrücken und die Ortskoordinaten der Sensorelemente wenigstens einer anderen der Teilbrücken entlang einer in Meßrichtung verlaufenden Koordinaten-

- achse in vorbestimmtem Maß voneinander unterschiedlich gewählt sind.
2. Sensoranordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch vier Teilbrücken.
3. Sensoranordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente einer ersten und einer zweiten der vier Teilbrücken entlang der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse vorbestimmte erste Ortskoordinaten aufweisen und daß die Sensorelemente einer dritten und einer vierten der vier Teilbrücken entlang der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse vorbestimmte zweite Ortskoordinaten aufweisen. 5
4. Sensoranordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Ortskoordinaten der Sensorelemente der ersten und der zweiten Teilbrücke untereinander wenigstens weitgehend symmetrisch zu einem Bezugspunkt auf der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse gewählt sind, daß die zweiten Ortskoordinaten der Sensorelemente der dritten und der vierten Teilbrücke untereinander wenigstens weitgehend symmetrisch zu dem Bezugspunkt auf der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse gewählt sind und daß die Werte der ersten Ortskoordinaten von den Werten der zweiten Ortskoordinaten unterschiedlich gewählt sind. 10
5. Sensoranordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Werte der ersten Ortskoordinaten der Sensorelemente der ersten und der zweiten Teilbrücke größer gewählt sind als die Werte der zweiten Ortskoordinaten der Sensorelemente der dritten und der vierten Teilbrücke. 15
6. Sensoranordnung nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite Teilbrücke zu einer ersten der Wheatstone-Brücken und daß die dritte und die vierte Teilbrücke zu einer zweiten der Wheatstone-Brücken gekoppelt sind.
7. Sensoranordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch zwei Teilbrücken, die zu einer Wheatstone-Brücke gekoppelt sind. 20
8. Sensoranordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente einer ersten der zwei Teilbrücken entlang der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse vorbestimmte erste Ortskoordinaten aufweisen und daß die Sensorelemente einer zweiten der zwei Teilbrücken entlang der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse vorbestimmte zweite Ortskoordinaten aufweisen.
9. Sensoranordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Ortskoordinaten der Sensorelemente der ersten Teilbrücke untereinander wenigstens weitgehend symmetrisch zu einem Bezugspunkt auf der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse gewählt sind, daß die zweiten Ortskoordinaten der Sensorelemente der zweiten Teilbrücke untereinander wenigstens weitgehend symmetrisch zu dem Bezugspunkt auf der in Meßrichtung verlaufenden Koordinatenachse gewählt sind und daß die Werte der ersten Ortskoordinaten von den Werten der zweiten Ortskoordinaten unterschiedlich gewählt sind. 25 30
10. Sensoranordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Werte der ersten Ortskoordinaten der Sensorelemente der ersten Teilbrücke größer gewählt sind als die Werte der zweiten Ortskoordinaten der Sensorelemente der zweiten Teilbrücke.
11. Sensoranordnung nach Anspruch 7, 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorelemente in Richtung wenigstens einer weiteren, zur Meßrichtung wenigstens weitgehend orthogonalen Koordinatenachse wenigstens weitgehend übereinstimmende Ortskoordinaten aufweisen. 35
12. Sensoranordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die weitere, zur Meßrichtung wenigstens weitgehend orthogonale Koordinatenachse wenigstens weitgehend orthogonal zur Hauptrichtung der Feldlinien des angelegten Magnetfeldes ausgerichtet ist.
13. Anordnung zum Bestimmen der Position eines die Ausbildung eines Magnetfeldes periodisch entlang seiner Bewegungsordinate beeinflussenden Bewegungsgeberelements, gekennzeichnet durch eine Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12. 40

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

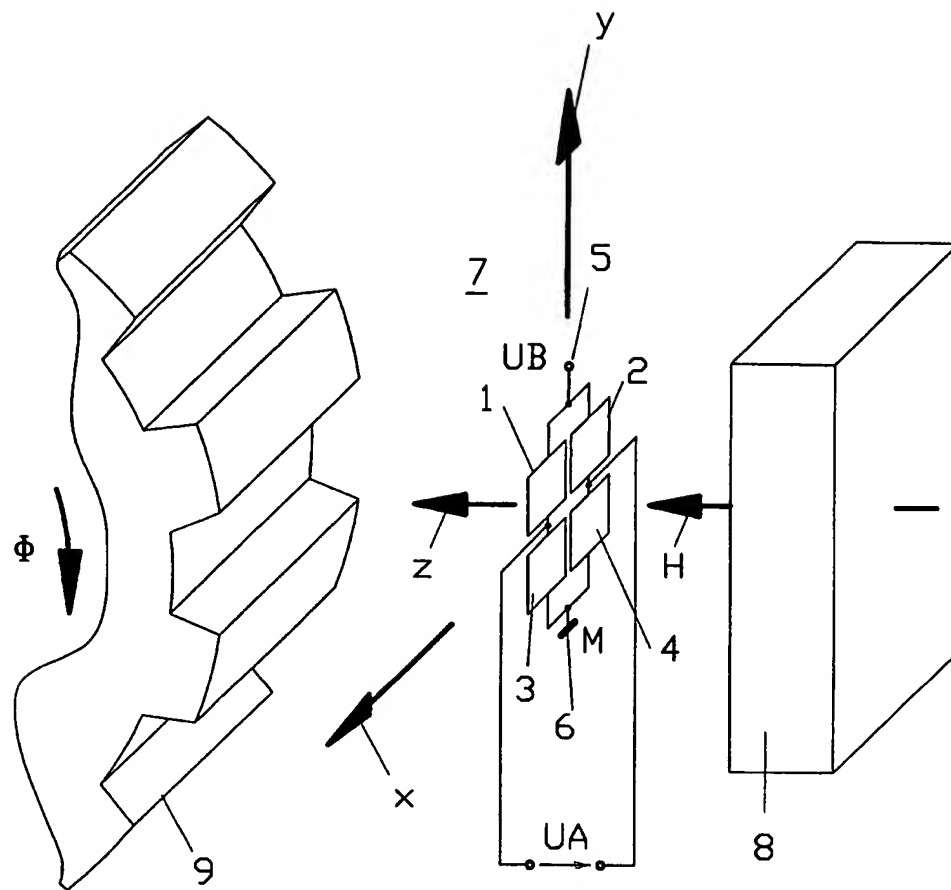


Fig. 1

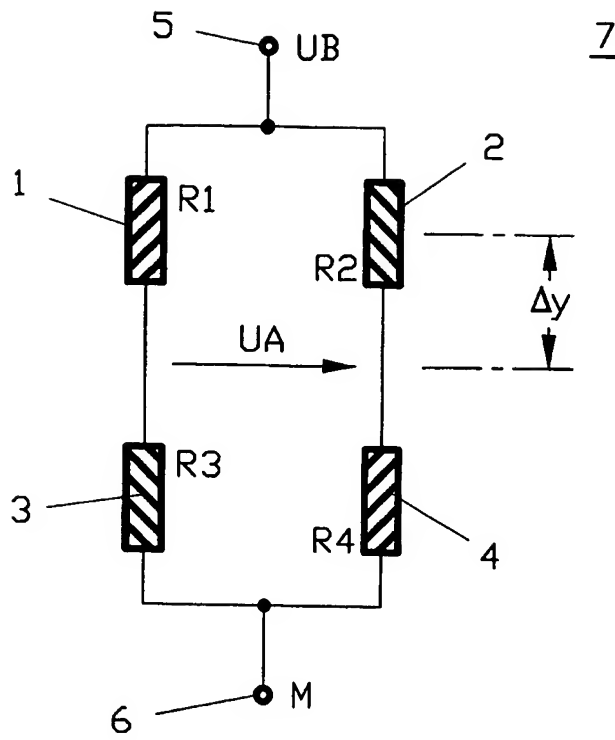


Fig. 2

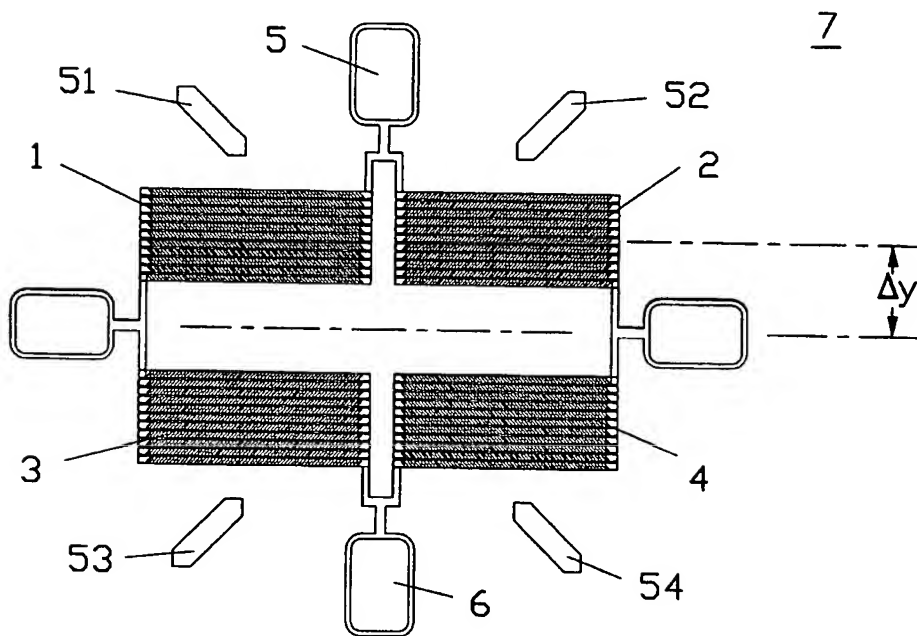


Fig. 3

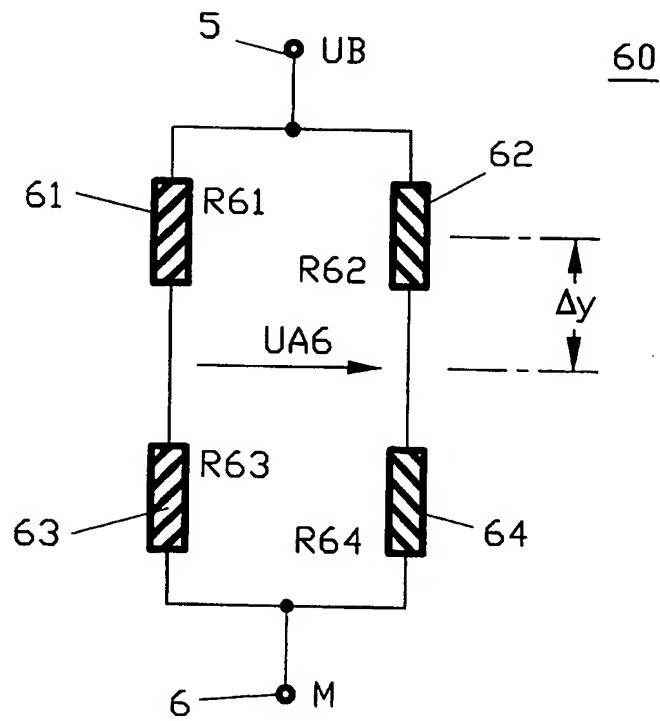


Fig. 4

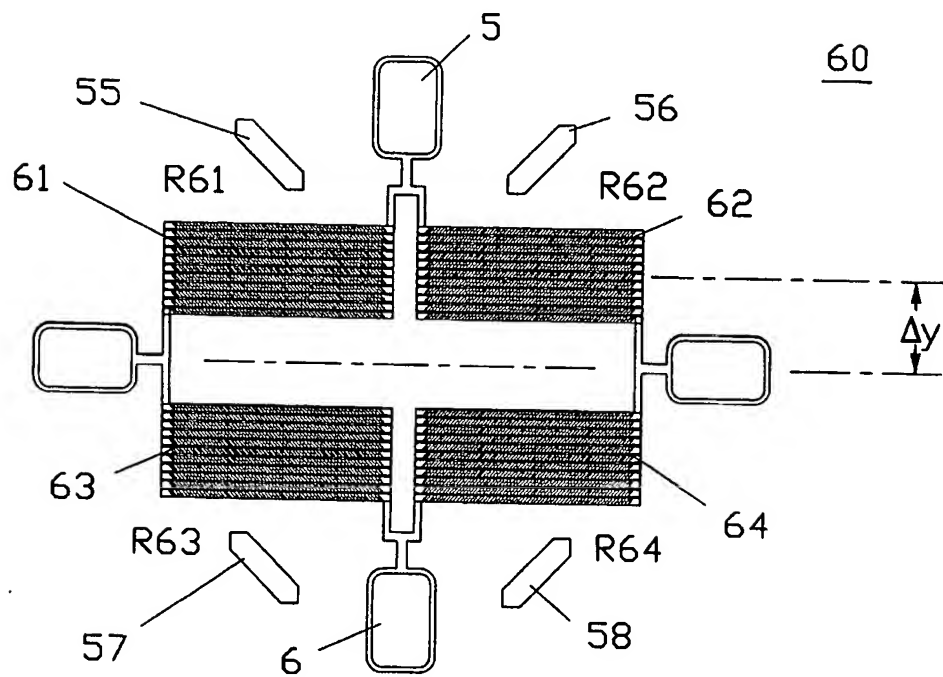


Fig. 5

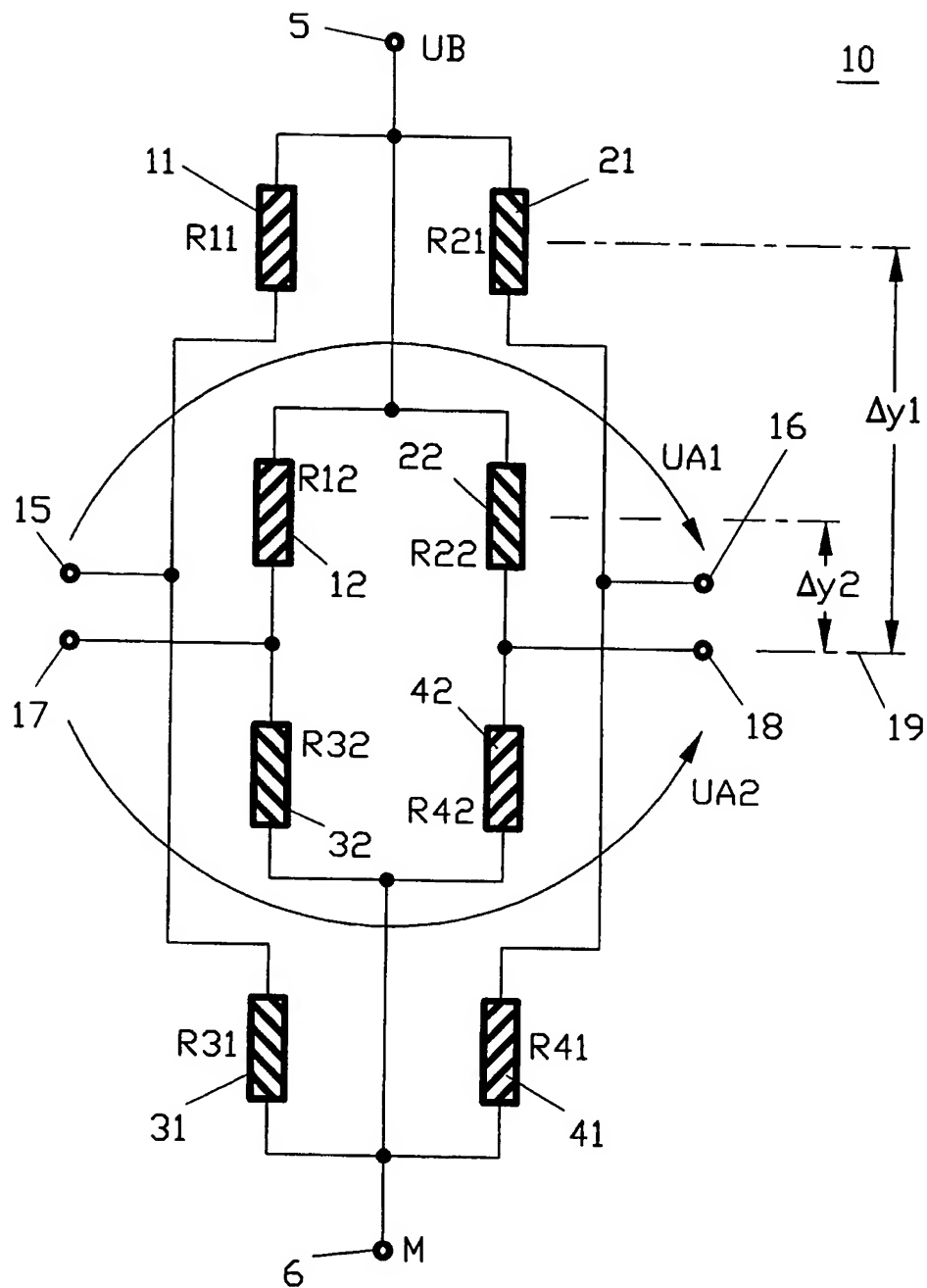


Fig. 6

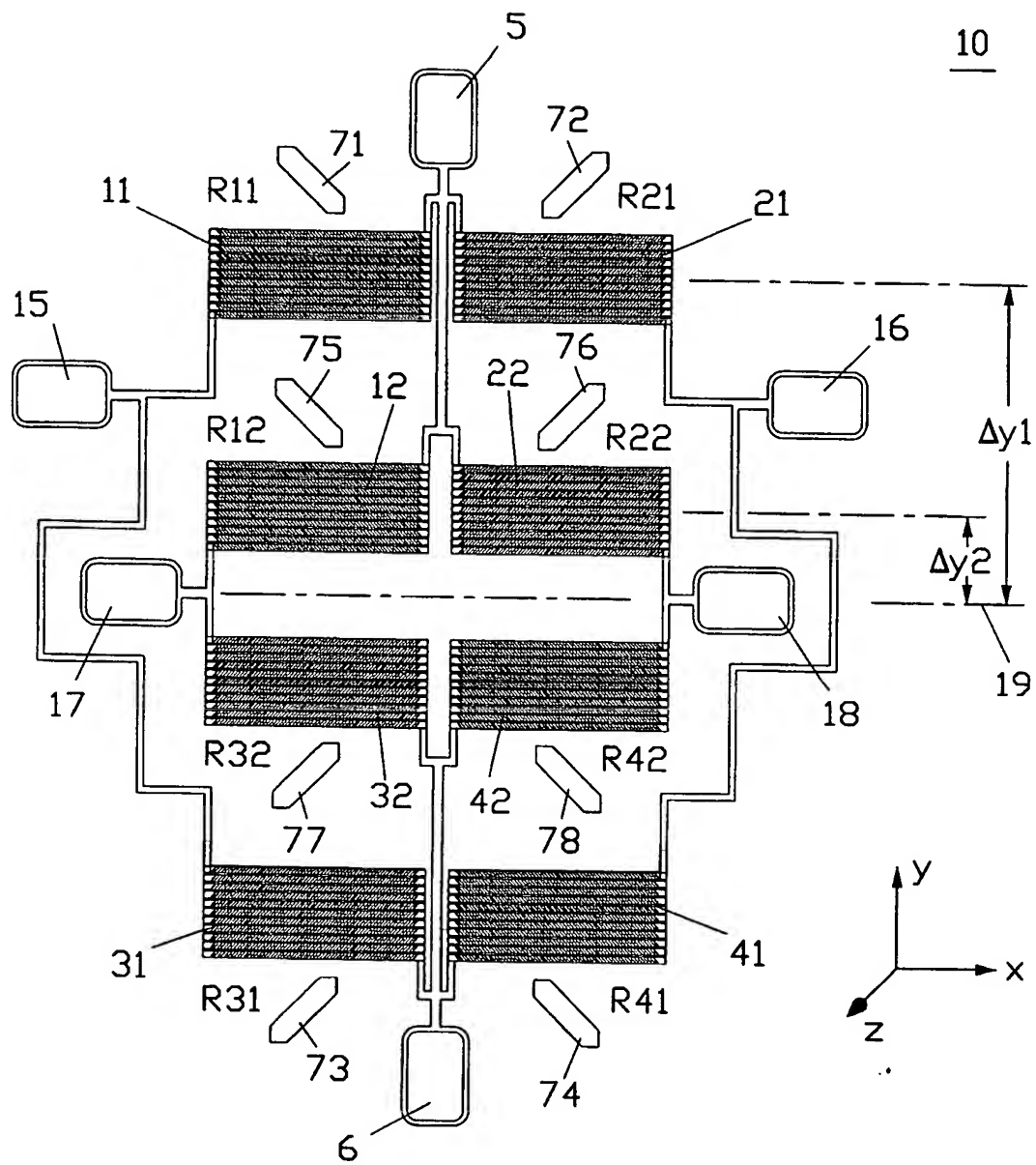


Fig. 7

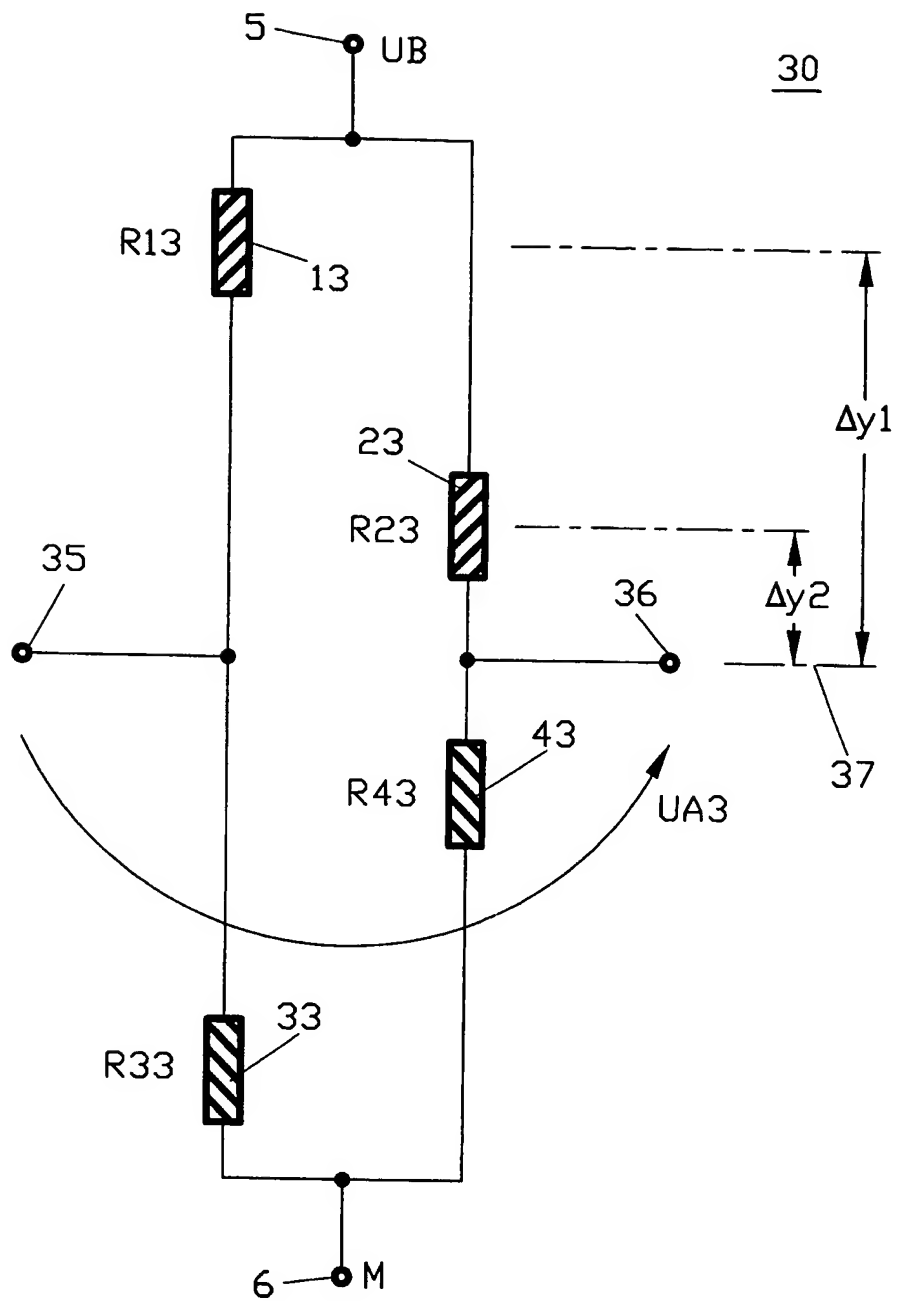


Fig. 8

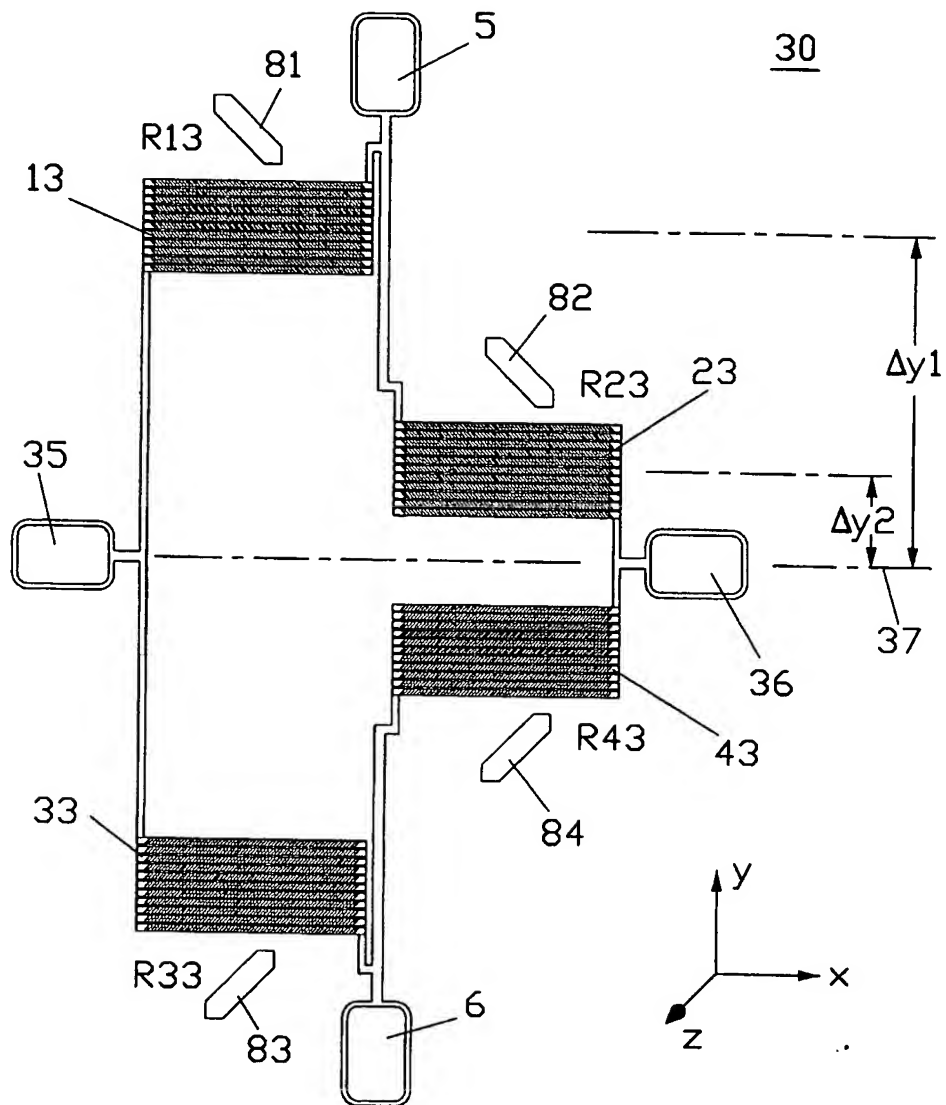


Fig. 9

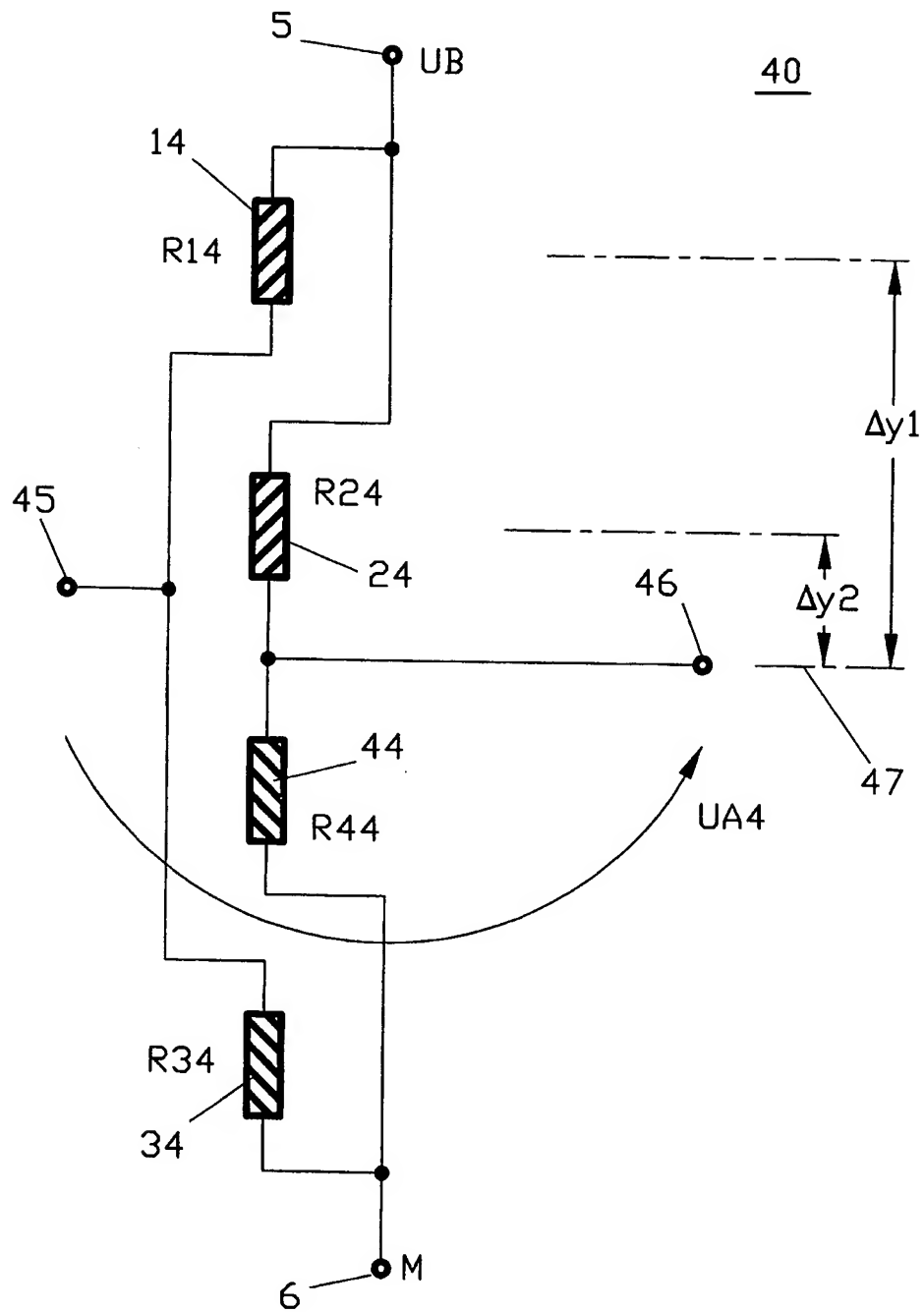


Fig. 10

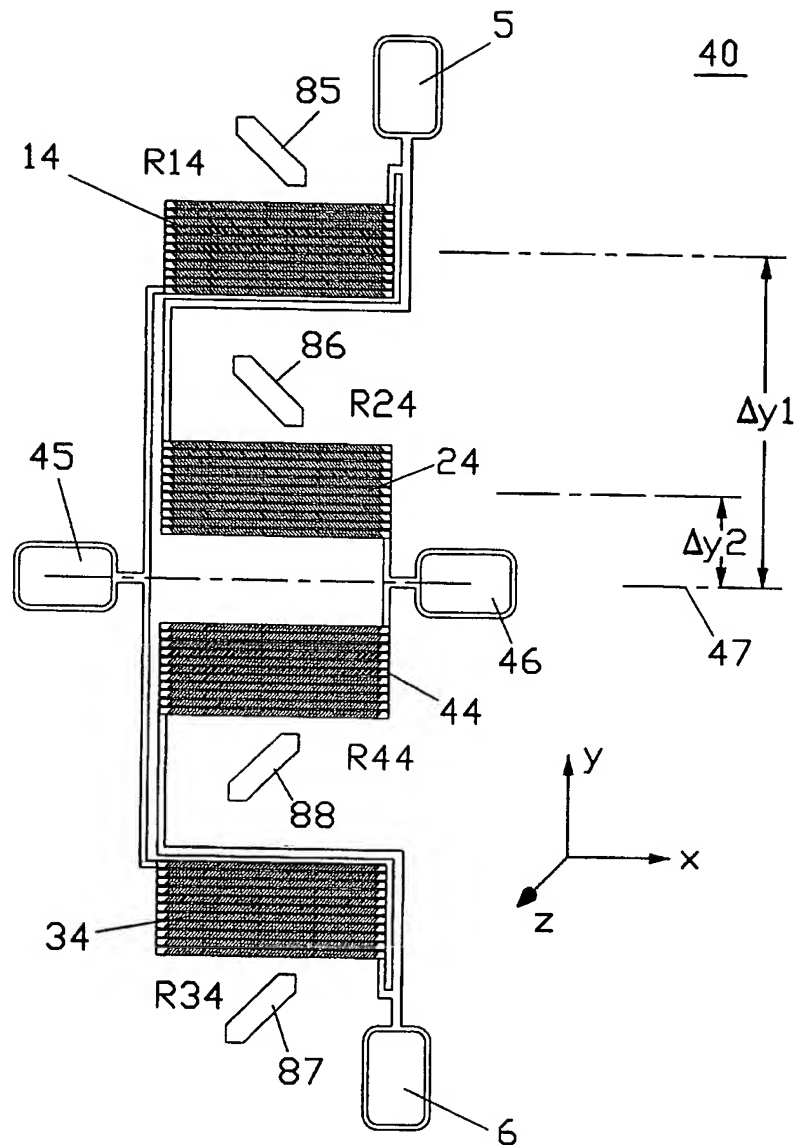


Fig. 11